

## MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES

Juan Carlos Danieli<sup>1</sup>, Ana María Casé<sup>2</sup>, Héctor A. Leanza<sup>3</sup> y Miguel A. Bruna<sup>1</sup>

1. Dirección Provincial de Minería del Neuquén. Zapala dgm\_geología@neuquen.gov.ar
2. Asentamiento Universitario Zapala - Universidad Nacional del Comahue acase49@gmail.com
3. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires. CONICET hleanz@yahoo.com.ar

### RESUMEN

Los recursos de minerales y rocas industriales de la provincia del Neuquén están íntimamente ligados a importantes unidades sedimentarias de interés económico. A estas formaciones geológicas, principalmente mesozoicas, se asocian depósitos de calizas, dolomías, arcillas, bentonitas, baritina y celestina, sal de roca y sales de potasio, yeso y diversas rocas calcáreas para la construcción y ornamentación. Vinculados a rocas del basamento paleozoico y a los ciclos volcánicos-sedimentarios del paleógeno-neógeno se presentan depósitos de azufre, cuarzo, diatomitas, tobas, pómez, granitos, gabros, lajas volcánicas y pórfidos. La producción anual de rocas industriales representa el 85 % del volumen físico de la producción minera provincial, mientras que el resto de los minerales industriales participa con un 13 %.

**Palabras clave:** Minerales, rocas industriales, unidades sedimentarias

### ABSTRACT

*Mineral and industrial rocks.* - The Mineral and industrial rocks from Neuquén are strongly related to the main Neuquén basin's sedimentary formations. These geologic units are associated with deposits of limestones, dolomites, gypsum, clays, barite, celestite, salt, potash and marbles, mostly Mesozoic in age. Sulphur, quartz, diatomites, and pyroclastics deposits as soon as a variety of granites and volcanic stones are associated with Paleozoic and Triassic basement rocks and with Paleogene-neogene sedimentary and volcanic cycles. The annual industrial rock's production (sands, gravels, calcareous materials, tuffs, basalts, and crushed stones) represent 85 % of the gross output of provincial mining, meanwhile the other industrial minerals get only the 13 %.

**Key words:** Minerals, industrial rocks, sedimentary units

### INTRODUCCIÓN

Los recursos de minerales y rocas industriales de la provincia del Neuquén están íntimamente ligados a la evolución de los ciclos sedimentarios de la Cuenca Neuquina, y dentro de ellos al desarrollo de importantes unidades sedimentarias de interés económico. Estas son mayormente de edad mesozoica y a las mismas se vinculan los principales depósitos y yacimientos que por su abundancia y calidad revisten interés minero industrial: calizas, dolomías, fosforitas, celestina- baritina, sal de roca y sales de potasio, yeso, arcillas y bentonitas, mármoles y travertinos.

De menor relevancia, aunque igualmente importantes, son los recursos de minerales industriales asociados a rocas ígneas del basamento paleozoico y permotriásico como así a los ciclos volcánicos- sedimentarios del Paleógeno y Neógeno. Se relacionan con estos eventos depósitos de azufre, cuarzo, diatomitas, tobas y puzzolana, lapillis de pómez y arenas pumíceas y también una variada gama de rocas industriales y de ornamentación como granitos, gabros, basalts, lajas basálticas, pórfidos y brechas volcánicas. En la Fig. 1 se ubican los principales yacimientos de minerales y rocas industriales de la provincia del Neuquén.

En razón de la importancia que revisten las unidades sedimentarias de mayor distribución geográfica dentro del territorio provincial, una breve reseña de sus principales características litológicas contribuye a definir la potencialidad económica de cada una de acuerdo a sus variaciones litofaciales en el ámbito de la cuenca.

### Reseña de las principales unidades sedimentarias y su potencial económico

**Formación Los Molles:** Está constituida esencialmente por fangolitas, calizas, arcilitas, areniscas, ortocuarcitas y dolomías. Las características económicas de interés para la formación están especialmente ligadas a las facies calcáreas y a las pelíticas bituminosas. Para reconocer los sectores de interés es necesario tener en cuenta la posición de estas sedimentitas con respecto a su ubicación al norte y al sur de la Dorsal Charahuilla – Huincul - Plottier. Los afloramientos son bastante escasos al norte de la Dorsal encontrándose en la cordillera del Viento, Chacay Melehue y Vega de la Veranada en la zona norte del territorio, y en las comarcas de Carreri y Kilka al oeste de Zapala. Al sur de la Dorsal se encuentran mejor representados en Picún Leufú, Charahuilla, flanco oriental de las sierras de Catan Lil, Las Coloradas y Sañicó.

**Formación Lajas:** Sus características litológicas indican la presencia de areniscas mayormente deltaicas, y escasos conglomerados con intercalaciones de pelitas y limolitas. El conocimiento de esta unidad es mayor al sur de la Dorsal donde se la ha reconocido en las localidades de la estancia Charahuilla, arroyo Sañicó y sur del cerro Lotena, llegando en este sector a poseer espesores entre 300 y 600 metros. En las localidades de Chachil, Lohan Mahuida, Charahuilla, codo del arroyo Picún Leufú y cerro Lotena aparecen varios centenares de metros de calcáreos arcóscos grises interestratificados con capas delgadas y len-

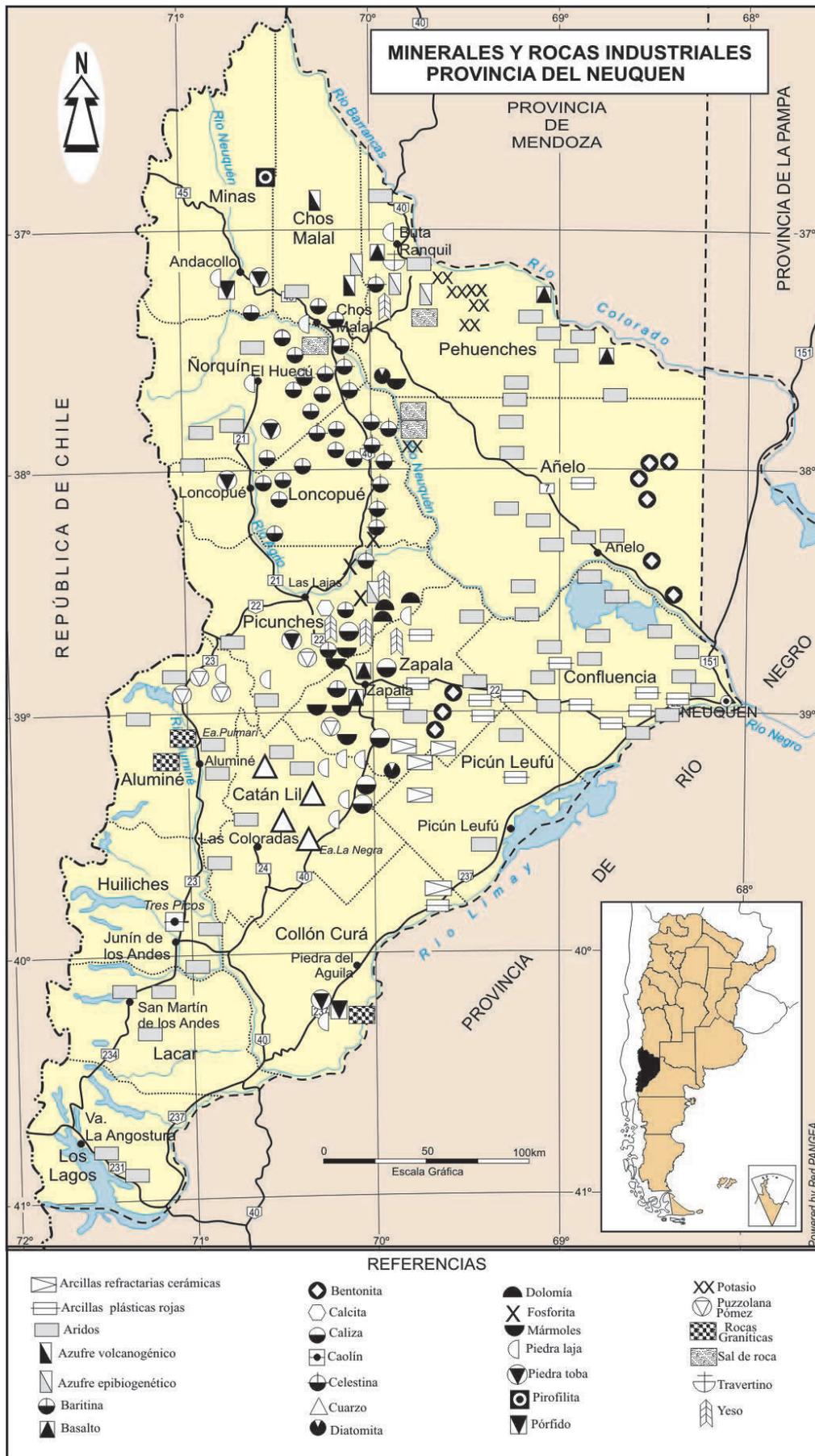


Figura 1: Ubicación de los principales yacimientos de minerales y rocas industriales de la provincia del Neuquén.



ticulares de lignito y arcillas carbonosas, siendo éstos los materiales que revisten el mayor interés económico.

**Formación Challacó:** Está constituida por arcillas rojas y verdosas entre las que se intercalan gruesos bancos de conglomerados de color gris, areniscas conglomerádicas y areniscas de grano grueso y mediano. Las arcillas son de excelente calidad comercial y constituyen la materia prima básica que ha sustentado el crecimiento de la industria cerámica en la provincia. Los principales afloramientos de la unidad se extienden desde el anticlinal Cerro Granito - Cerro Lotena hasta la región de Chacaicó - Charahuilla, finalizando en los contrafuertes orientales del Currú Charahuilla o Lapa. No se observan afloramientos de esta unidad al norte de la Dorsal.

**Formación Tábanos:** La entidad está integrada por limolitas, areniscas tobáceas, calizas estromatolíticas, calizas esparíticas y yesosas y pelitas calcáreas. Sus afloramientos se localizan en el sector oeste y noroeste del territorio provincial, en las sierras del Cuchillo Curá, Loncopué, Rahuecó y Cura Mallín. Vinculados a ellos se asocian importantes depósitos estratoligados de celestina-baritina. La formación se depositó en un ambiente de evaporitas de centro de cuenca en un contexto hipersalino somero con esporádicas exposiciones subarreas.

**Formaciones La Manga - Auquilco:** Presentan una asociación litológica integrada por calizas, pelitas, pelitas bituminosas, yeso y anhidrita, mostrando un predominio de la facies clástico-carbonática hacia el sudoeste de la cuenca, mientras que en el centro de la misma domina la evaporítica. Los espesores de las litofacies van desde pocos metros hasta un máximo promedio en el centro de la cuenca de unos 300 m, correspondiendo a calizas los de menor potencia. Se asocian a la unidad importantes depósitos de baritina y celestina, calcita, yeso y alabastro, presentando asimismo condiciones geológicas para la formación de azufre biogénico.

**Formación Vaca Muerta:** Está compuesta por pelitas y calizas predominando arcillitas, arcillitas micríticas a micríticas arcillosas, todas con gran cantidad de materia orgánica bituminosa. Tanto al sur como al norte de la dorsal el predominio de las calizas se incrementa hacia el poniente, mientras que en la parte oriental de la cuenca lo hace la fracción pelítica y psamítica. La importancia económica de la formación radica en la presencia de calizas, fosforitas y arcillitas bituminosas.

**Formación Picún Leufú:** Está constituida mayormente por micritas y arcillitas, con variaciones que van desde micritas arcillosas a arcillas micríticas, coquinas, limolitas, arcillitas y escasas dolomías. Los afloramientos de la unidad se encuentran ampliamente extendidos al sur del arroyo Picún Leufú, conformando una estructura monoclin al no cubierta por unidades más modernas. El interés económico de la entidad está dado fundamentalmente por la presencia de potentes bancos de calizas y coquinas de excelente calidad comercial.

**Formación Mulichinco:** Su composición litológica muestra la presencia de conglomerados, areniscas, pelitas, peli-

tas calcáreas y calizas, predominando la facies psamítica al oeste y suroeste de la cuenca con gradación progresiva a pelitas y calizas hacia el este-noreste. Las localidades que revisten cierto interés económico por la presencia de litofacies pelíticas y calcáreas se encuentran al oeste del río Neuquén, entre los 37° y 38° 45' de latitud sur.

**Formación Agrío:** La unidad aflora al norte y al sur de la dorsal y está representada por calizas, calizas arenosas, pelitas, pelitas calcáreas y dolomías. De los materiales que integran esta formación, calizas y margas son las que revisten mayor interés económico. Hacia el poniente de los 70° 20' de longitud oeste se encuentran las litofacies predominantemente calcáreas, mientras que al este de aquel meridiano se observa un incremento sustancial de la fracción arenosa.

**Formaciones Huitrín - La Amarga:** Representan una etapa transicional hacia una franca continentalización de la cuenca, con el inicio del retiro definitivo del mar de procedencia pacífica, identificada por las sedimentitas y evaporitas de la Fm. Huitrín (al norte de la dorsal) y La Amarga (al sur de la dorsal). El interés económico de estas unidades reside en la presencia de evaporitas (yeso, halita, silvita, celestina) dolomías, calizas, y azufre epibiogénico, asociación que es característica de la Fm. Huitrín. Al sur de la dorsal sólo están presentes las facies calcáreas en el Mb. Bañados de Caichigüe de la Fm. La Amarga.

**Grupo Neuquén:** Dentro de este grupo, caracterizado por potentes acumulaciones de areniscas y sedimentos pelíticos continentales del Cretácico superior, se reconocen importantes depósitos de arcillas plásticas rojas y limos arcillosos de aptitud industrial para la industria cerámica y de ladrillos en general. Las unidades que son de interés por su contenido en estas sustancias corresponden mayormente a las facies pelíticas dentro de los subgrupos Río Limay y Río Neuquén, ambos de amplia distribución en la región centro oriental de la provincia.

**Grupo Malargüe:** Finalizado el episodio continental correspondiente al Cretácico superior, se inicia una etapa de ingresión del mar desde el océano Atlántico, durante la cual se depositaron sedimentitas cuya litología está representada por areniscas, arcillitas laminadas, calizas, margas y dos secciones evaporíticas. El interés económico de la entidad reside especialmente en los depósitos calcáreos del tope, los yesos de la parte media e inferior y las bentonitas del tramo inferior. Los afloramientos de mayor importancia se localizan en la región centro oriental de los departamentos Añelo y Pehuenches.

**Formación Cerro Bandera:** Caracterizada por una asociación de sedimentitas epi- y piroclásticas depositadas durante el Oligoceno Superior alcanzando al Mioceno inferior, en un ambiente lacustre en la que también drenaban cursos fluviales de mayor energía. La alteración de materiales piroclásticos vítreos en cuerpos de agua someros dieron lugar a la formación de espesos bancos de bentonita explotada comercialmente en los Departamentos Zapala y Picún Leufú.

**Formación Chichinales:** Sobre las pelitas de la Fm. Jagüel, en el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior, se de-

positan sedimentos en un ambiente continental similar a una extensa estepa de bajas pendientes, con cuerpos de agua dulce someros y pantanosos. En el departamento Añelo está constituida por limolitas blancas, tobáceas, claras a blanquecinas, con intercalaciones arenosas y conglomerádicas. Su interés reside en la presencia de bentonitas correspondientes a niveles de tobas alteradas a arcillas esmectíticas.

### Minerales y rocas industriales del Neuquén

En asociación con la abundancia y calidad de minerales y rocas industriales, el desarrollo de la provincia del Neuquén se ha cimentado principalmente en torno a la explotación de calizas, baritinas, arcillas y bentonitas. En los últimos años se ha registrado una tendencia creciente al consumo de calcáreos, dolomías y yeso en las industrias de transformación (cales, cementos y agrominerales), de arcillas destinadas a la elaboración de cerámicos y de

bentonitas principalmente para uso petrolero, y en menor proporción para aplicaciones en siderurgia.

A la par ha crecido la producción de rocas y sustancias para la industria de la construcción, entre ellas gravas, arenas, canto rodado, piedra partida y calcárea, constituyendo junto a las mencionadas en primer término los minerales y rocas industriales que representan el mayor volumen físico de la producción minera provincial. Con volúmenes inferiores las explotaciones de baritina y celestina han mantenido con altibajos sus registros de producción, al igual que las de piedras lascas y otras rocas de ornamentación y construcción. En los últimos años es de destacar el incremento de las exportaciones de minerales industriales y productos derivados, habiéndose alcanzado en el período 2008-2009 un total general de 211.619 t figurando carbonato de calcio, calizas y cemento entre los de mayor participación. Tomando como base la producción minera por departamentos, Zapala es el que registra el mayor volumen físico concentrando el 44 % del total,

EDAD	FORMACIÓN	MINERALIZACIÓN	
		Sustancia	Modelo depósito
Holoceno	Acumulaciones fluviales y eólicas modernas	Gravas arenas limos	Depósitos fluviales dunas
Holoceno	Ignimbrita Alpehué	Piedra y arena de pómez	Depósitos de caída
Pleistoceno	Acumulaciones coluviales y glaciarias	Canto rodado gravas, arenas	Depósitos de pedemonte, morénicos, fluvio-glaciales
Pleistoceno	Costras calcáreas s/ sedimentitas	Travertino	Termal
Pleistoceno	Basalto Cº Cabras	Basalto	Flujo lávico
Pleistoceno	Complejo Volcánico Domuyo - Basalto Tromen	Azufre	Fumarólico
Neógeno	Formación Cº Centinela	Pórfidos, lascas.	Flujo piroclástico
Neógeno	Formación Chichinales	Bentonita	Alteración de sedimentos piroclásticos
Neógeno	Formación Carrere Formación Collón Curá	Diatomitas	Diatomita lagunar
Neógeno	Formación Collón Curá Ignimbrita Carreri	Piedra toba	Depósitos de caída Flujo piroclástico
Neógeno	Formación Cerro Bandera	Bentonita	Alteración de sedimentos piroclásticos
Neógeno	Basalto Zapala	Basalto Puzzolana	Flujo lávico Dep. piroclástico
Cretácico Sup. Terciario	Gr. Malargüe: Fm. Allen Gr. Malargüe: Fm. Roca	Bentonita Yeso Caliza-coquina	Alteración cenizas volcánicas Evaporítico Sedimentario
Cretácico Superior	Granodiorita Paso de Icalma	Granito-Gabro	Igneo
Cretácico Superior	SGr. R. Limay: Fm. Cº Lisandro SGr. R. Nqn: Fm. Portezuelo	Arcillas rojas Limos arcillosos	Sediment. continent. Sediment. continent.
Cretácico Inferior	Formación Huitrín Formación La Amarga	Yeso, halita, silvita Dolomías, celestina Calizas, azufre	Evaporítico Sedimentario Sediment. Epibiog.
Cretácico Inferior	Formación Agrió	Calizas, margas	Sedimentario
Cretácico Inferior	Formación Mulichinco	Areniscas, calizas	Sedimentario
Cretácico Inferior	Formación Picún Leufú	Calizas, coquinas	Sedimentario
Jurásico Superior	Formación Vaca Muerta	Calizas, fosforitas arcillas bituminosas	Sedimentario
Jurásico Superior	Fm. La Manga Fm. Auquillo	Calcita, yeso celestina, baritina Azufre	Sedimentario evaporítico Epiabiogénico
Jurásico Medio	Formación Tábanos	Celestina baritina	Evapor. Volcanog.
Jurásico Medio	Formación Challacó	Arcillas plast. y refract.	Sediment. cont.
Jurásico Medio	Formación Lajas	Lajas calcáreas Pelitas bituminosas	Sedimentario Sedim. deltaico
Jurásico Inferior	Formación Los Molles	Esquistos bituminosos	Sedimentario
Permo-triásico	Formación Choiyó	Pórfido riolítico	Flujo piroclástico
Carboníf. Sup. Pérmico Inf.	Complejo Plutónico del Chachil	Cuarzo	Hidrotermal
Devónico	Granito Yunkón	Cuarzo, feldespato	Pegmatítico

Tabla 1: Principales minerales y rocas industriales de la provincia del Neuquén relacionados con las unidades geológicas portadoras y principales tipos de depósitos



seguido por Picunches con el 18 %, Confluencia con el 16 % y Pehuenches con el 13 %.

En la Tabla 1 se muestran los principales minerales y rocas industriales de la provincia del Neuquén relacionados a las unidades geológicas y modelos de depósitos.

### Áridos (arena, gravilla, grava, canto rodado)

Estos materiales utilizados mayormente en la industria de la construcción de obras civiles se encuentran en abundancia en los depósitos de antiguas terrazas fluviales y en las actuales planicies de inundación de los valles de arroyos y de los principales ríos y sus tributarios (Agrido, Aluminé, Collón Cura, Picún Leufú, Limay, Neuquén y Colorado) en donde se produce acumulación de material no consolidado (depósitos aluviales actuales). En los depósitos de terrazas el encape puede variar de 1,2 a 2,5 m con anchos entre 50 y 150 m y están generalmente constituidos por bancos de 1 a 2 m de espesor de conglomerado gris con rodados de volcanitas predominantemente básicas con abundante cemento calcáreo. El tamaño de los clastos varía entre 5 y 10 cm, con escasa matriz arenosa y suelen tener según las regiones abundante yeso (amorfo).

Asimismo gran variedad de bloques, cantos rodados de diverso tamaño, gravas y arenas se presentan como remanentes de acumulaciones morénicas o formando parte de depósitos fluvio-glaciales, de amplia distribución en la región andina del territorio provincial. En la región oriental de la provincia extensos depósitos de agradación y coluviales integrados por una sucesión de conglomerados polimícticos con cemento y costrificaciones calcáreas constituyen la principal fuente de provisión de áridos, frecuentemente utilizados para el emplazamiento de locaciones petroleras, enripiado y mantenimiento de rutas y caminos como así para elaboración de piedra partida. El espesor de las acumulaciones suele fluctuar entre los 3 y 5 m observándose la mayor concentración de cemento carbonático en el tercio superior.

El volumen físico correspondiente a la producción de estos materiales, (incluidos en la estadística minera provincial bajo la denominación genérica áridos) ha llegado a representar en los últimos años entre el 48 % y 52 % de la producción anual de minerales y rocas industriales.

## Azufre

### a) Azufre volcanogénico

Vinculados a la actividad fumarólica postvolcánica del Cuaternario y actual se reconocen depósitos y ocurrencias de azufre nativo en algunos centros volcánicos de la provincia; en la mayoría de los casos sólo se trata de manifestaciones aisladas y de limitada distribución y desarrollo, constituyendo quizás el depósito de mayor interés económico el de la mina «Hilda Mary».

**Volcán Tromen:** Este pequeño depósito ocupa parcialmente la hoyada de un antiguo cráter del volcán Tromen, unos 35 km al noreste de la localidad de Chos Malal. Se trata de impregnaciones superficiales de azufre en lavas y tobas andesíticas formando una costrificación irregular de 40 a 50 m de largo, en crestones o mantos de contornos irregulares y ancho variable y de 0,70 a 1,50 m de espesor (Palacios 1981). El azufre es de color amarillo, amarillo

verdoso y beige y se ha sublimado a partir de exhalaciones de vapor de agua cargadas con  $\text{SH}_2$  y  $\text{SO}_2$ .

Las reservas probables estimadas (Angelelli 1962, en Sudamconsult & Asociados 1973) ascienden a 18.000 t de mineral con una ley de 51% de S; por su parte Palacios (1981) estima una reserva total de 42.237 t con una ley media de 55,25 % . Sumado a las condiciones de localización y dificultades de acceso y transporte el depósito sólo podría sostener una explotación minera de pequeña escala con una vida útil no superior a los cuatro años.

**Cerro Wayle:** Frente al volcán Tromen y separadas del mismo por la laguna homónima se presentan sobre el flanco occidental del cerro Wayle costrificaciones e impregnaciones de azufre rellenando fisuras cavidades y grietas, cubriendo una pequeña superficie de 40 x 20 metros. El azufre es de color amarillo y amarillo limón a rojizo debido a la presencia de impurezas de óxidos de hierro. Los escasos afloramientos existentes y las pocas labores y destapes de reconocimiento no permiten apreciar en su totalidad el espesor y desarrollo de las impregnaciones, aunque se estima que las mismas carecen de valor económico (Sudamconsult & Asociados 1973).

**Mina Hilda Mary:** Se ubica en la ladera oeste del cerro Bayo, sobre la vertiente oriental del volcán Domuyo, 29 km al norte de la localidad de Tricao Malal. El azufre se presenta como impregnaciones en espacios abiertos o reemplazando cristales alterados de feldespatos en las tobas riolíticas del Complejo Volcánico Domuyo. Rellena fisuras y grietas siendo frecuente el desarrollo de cristales de azufre con caras de superficie libre. La zona mineralizada sigue una faja de orientación NE-SO de unos 200 m de ancho. Como relleno de diaclasas el azufre se presenta en forma de drusas, de color amarillo intenso a amarillo verdoso con leyes que varían entre 17 % a 23 %. El depósito presenta un fuerte control tectónico y litológico, encontrándose las mayores concentraciones e impregnaciones de azufre en tobas de composición riolítica.

La mina fue explotada en la década de 1950 a través de galerías y socavones siguiendo el rumbo de las fracturas y diaclasas, y por banqueo a cielo abierto, en los sitios de mayor intensidad de impregnaciones. El mineral se transportaba en camiones hasta Tricao Malal donde era procesado en autoclaves para obtener azufre de calidad comercial. Las reservas del yacimiento (probadas + probables) fueron estimadas en 42.527 t de caliche con una ley promedio de 23 % de S. El contenido de azufre fino sería de 12.080 toneladas (Rosetto & Pédola 1962).

### b) Azufre epibiogénico

Las manifestaciones superficiales de azufre nativo asociadas a procesos epibiogénicos se presentan en las secuencias evaporíticas de la Fm. Huitrín (Yeso de Transición) y en las correspondientes a la Fm. Auquilco (Yeso Principal). Si bien no se han hallado hasta el presente depósitos de interés económico, las manifestaciones de azufre y las características geológicas del entorno en cada una de las ocurrencias conocidas mantienen siempre vigente el interés prospectivo. Cabe mencionar al respecto el proyecto Los Petisos, 90 km al SSE de Malargüe, provincia de Mendoza, cuyo desarrollo exploratorio permitió el hallazgo del primer yacimiento de azufre biogénico de

América del Sur, habiéndose medido hasta el presente 3.753.000 t de azufre recuperable (Carotti 1999).

Dentro de la primera unidad geológica mencionada las manifestaciones más conspicuas se ubican en la zona del cerro Partido, unos 35 km al noroeste de la ciudad de Zapala, y en el área de Pampa Tril-Filo Morado, 40 km al sudeste de la localidad de Buta Ranquil. Por su parte, las ocurrencias de azufre asociadas a la Fm. Auquilco se ubican en el paraje conocido como Vega de la Veranada, en la zona de Yesera del Tromen, unos 30 km al sur de Buta Ranquil. En ambos casos el mineral se presenta en estado criptocristalino con yeso secundario, disperso en una mezcla de sulfato de calcio y material calcáreo producto de la alteración de la roca de caja, la cual está constituida por anhidrita laminar con calizas algales y pelitas intercaladas.

**Mina Martín (Fm. Huitrín):** La mineralización se aloja preferentemente en la sección basal del yeso (Mb. Troncoso Superior de la Fm. Huitrín) sobre niveles pelíticos y arenosos. En otras localidades cercanas al mismo nivel estratigráfico se vinculan también manifestaciones y depósitos de celestina. La mineralización de azufre nativo expuesta en un socavón de reconocimiento en mina Martín (zona del cerro Partido, 35 km al norte de Zapala) ocupa una reducida superficie y la concentración de cristales, irregularmente diseminados en el yeso y las pelitas puede llegar ocasionalmente a un 10-15 %.

En todos los casos conocidos a lo largo de los afloramientos de este nivel estratigráfico las manifestaciones revelan la existencia del proceso formador de azufre nativo por conversión biogénica a través de bacterias anaerobias.

En estas ocurrencias de azufre nativo su origen se infiere a partir de la acción bacteriana en profundidad donde el  $\text{SH}_2$  generado por reducción del yeso al llegar a la superficie o en cercanías de ella y ponerse en contacto con un ambiente aerobio con oxígeno libre o con aguas subterráneas oxigenadas, sería oxidado a azufre nativo.

Las bacterias especializadas en reducir sulfatos y producir sulfídrico son los géneros *Desulfovibrio desulfuricans* y *Desulfotomaculum orientis* y *D.nigrificans* (Gabriele 1999).

**Vega de la Veranada (Fm. Auquilco):** En esta localidad la Fm. Auquilco presenta un espesor de 250 a 300 m, estando constituida predominantemente por yeso laminar y sacaroide, con intercalaciones lenticulares de arcilitas rojizas y ocasionalmente calizas estromatolíticas y esqueléticas grises.

Eflorescencias e impregnaciones dispersas de azufre en el yeso se observan en los afloramientos del área, a veces asociadas con impregnaciones de limonitas y restos de hidrocarburos. Estos últimos se presentan más frecuentemente en las arcilitas, como también así en las calizas estromatolíticas.

El desarrollo de un importante sistema kárstico se insinúa en la formación de cavernamientos y de brechas con estructuras de disolución en el yeso, ocasionalmente tapizadas con pequeños cristales de azufre. Estas formas juntamente con la presencia de dolinas constituyen la expresión superficial de un sistema de estructuras anulares de colapso que se suponen asociadas a procesos de disolución o disminución de volumen en el yeso por reducción bacteriana a  $\text{SH}_2$ .

La estructura principal del anticlinal Auquilco es acompañada en su recorrido por dos flexuras paralelas (el sinclinal central y el anticlinal oriental) las que en conjunto contribuyen a darle forma aplanada a la charnela del braquianticlinal de Auquilco. A lo largo de ésta se desarrollan en el sector del arroyo Pichi Chacaico las principales estructuras de colapso, disolución y karst en el área.

## Basalto

Los basaltos presentan amplia distribución en el territorio provincial especialmente en su sector andino; en la región nororiental de la provincia las lavas basálticas de las sierras de Huantraico -Sierra Negra y las del complejo volcánico del Auca Mahuida, respectivamente al oeste y sudeste de la localidad de Rincón de los Sauces, constituyen los mayores centros volcánicos de esa comarca. Dado que en su mayoría todas estas erupciones se relacionan a los distintos episodios volcánicos del Neógeno, las lavas asociadas a cada evento suelen presentar variaciones químicas y diferentes características físicas en función de lo cual sólo se utilizan aquellos basaltos con la aptitud que requiere cada aplicación en particular.

El uso industrial de estas rocas es frecuente en construcción de hormigones ciclópeos, cimientos, como balasto para ferrocarril y empedrados. En grandes volúmenes se lo utiliza comúnmente para enrocamiento de presas y defensa de márgenes en ríos y lagos artificiales. Se explotan esporádicamente en las inmediaciones de Zapala y en la comarca de Rincón de los Sauces y en menor proporción en algunas localidades de la región de los lagos.

Cabe mencionar por ejemplo la explotación de basaltos de la cantera Zollazo Hnos. ubicada unos 6 km al noroeste de Zapala, destinados exclusivamente al enrocado de las presas del Chocón - Cerros Colorados, manteniendo durante cinco años un régimen de explotación de 30.000 a 40.000 t anuales.

Además de sus múltiples usos y posibles aplicaciones industriales la mayor importancia de los basaltos quizás esté dada por la propiedad que poseen como retentores y reguladores de agua, contribuyendo con ello al desarrollo de excelentes acuíferos. Conocida y bien apreciada resulta esta particularidad en zonas de climas áridos-semiáridos en donde las coladas basálticas constituyen pantallas de recarga y protección de los terrenos infra-yacentes, preservando así la vida útil y calidad de las aguas subterráneas.

## Caliza y piedra laja

La fabricación de cal y aserrado de lajas y piedras para construcción con calizas y otras rocas calcáreas constituyen las industrias mineras de mayor tradición y arraigo en la provincia del Neuquén. Las primeras elaboraciones de cal se remontan a la década del año 1930; desde entonces dos pequeños hornos trabajaron hasta comienzos de 1950, uno de ellos instalado en la localidad de Zapala, y el restante al pie de la cantera de caliza de Los Catutos unos 15 km al noroeste de ésta.

Durante la década de 1940 las explotaciones de piedra caliza se incrementaron como consecuencia de la instalación de los regimientos de Infantería de Montaña del Ejército Argentino en las localidades de Zapala y Co-

vunco cuyos edificios, como así otros de carácter público, fueron construidos en su totalidad con estos materiales pétreos.

A partir del año 1967 comenzó a trabajar la calera Barda Negra, al sur de Zapala, con tres hornos a fuego continuo y llama corta, aunque pocos años después la planta suspendió su actividad. Hacia mediados de 1968 se reactivó la explotación de calizas en el paraje Los Catutos con una producción mensual de alrededor de 3000 t destinadas a la fabricación de cal hidráulica. La planta funcionó hasta fines de 1980.

En el año 1970 Cementera Loma Negra instaló en la ciudad de Zapala una planta para elaboración de cementos iniciando la explotación de los calcáreos ubicados en la zona del Salitral – cerro Pichi Moncol, unos 5 km al noroeste de Zapala, con una producción promedio de 20.000 t mensuales. Desde entonces la actividad se ha mantenido sin interrupciones hasta la actualidad.

Años más tarde la calera AMBAR también instalada en el parque industrial de Zapala comenzó a utilizar para la elaboración de sus cales las calizas provenientes de un yacimiento localizado en la región del cerro Manzano Escondido. Durante los últimos cinco años el volúmen físico de piedra caliza procesada en ambas plantas representó en promedio el 42% de la producción total de minerales y rocas industriales de la provincia.

#### Ubicación estratigráfica de los depósitos de caliza

Los principales niveles calcáreos reconocidos en las regiones productoras de calizas en los alrededores de Zapala (Fig. 2) se ubican en las formaciones La Manga (Grupo Lotena) y Mb. Los Catutos de Fm. Vaca Muerta y Fm. Picún Leufú (Grupo Mendoza), correspondientes al inter-

valo Jurásico Superior- Cretácico Inferior. Leanza & Zeiss (1990) efectuaron un detallado estudio de las secuencias carbonáticas en el área de Los Catutos diferenciando en la columna sedimentaria de la comarca las siguientes unidades: 1) Fm. Vaca Muerta integrada por: a) Mb. Vaca Muerta inferior con 164 m de esquistos y margas bituminosas, b) Mb. Los Catutos con 70 m de calizas litográficas, y c) Mb. Vaca Muerta superior, 94 m de margas y 2) Fm. Picún Leufú, con 102 m de calizas detríticas fosilíferas. Esta última unidad cubre concordantemente a pelitas del tramo superior de la Fm. Vaca Muerta.

#### Áreas de explotación

Las explotaciones más importantes de calizas se localizan en las áreas del cerro Pichi Moncol, inmediatamente al noroeste de la ciudad de Zapala, y en la del cerro Manzano Escondido, en el cordón del Curymil, 35 km al noroeste de aquella. Ambas zonas se caracterizan por la excelente exposición y continuidad lateral de los bancos calcáreos cuyas propiedades químicas y físicas son apropiadas para elaboración de cales y cementos como así para obtención de piedras lajas, planchas y bloques para mampostería y ornamentación. Otras áreas, hoy sin mayor actividad extractiva, son las de los Pozones, 35 km al sur de Zapala, y Los Catutos (también denominada El Ministerio), contigua a la de Pichi Moncol (Fig. 2).

**Área Pichi Moncol:** Se ubica unos 12 km al noroeste de la localidad de Zapala y afloran en ella espesos bancos de caliza pertenecientes a la Fm. Vaca Muerta. El material que se extrae corresponde a calizas bioclásticas micríticas y peloidales del Mb. Los Catutos.

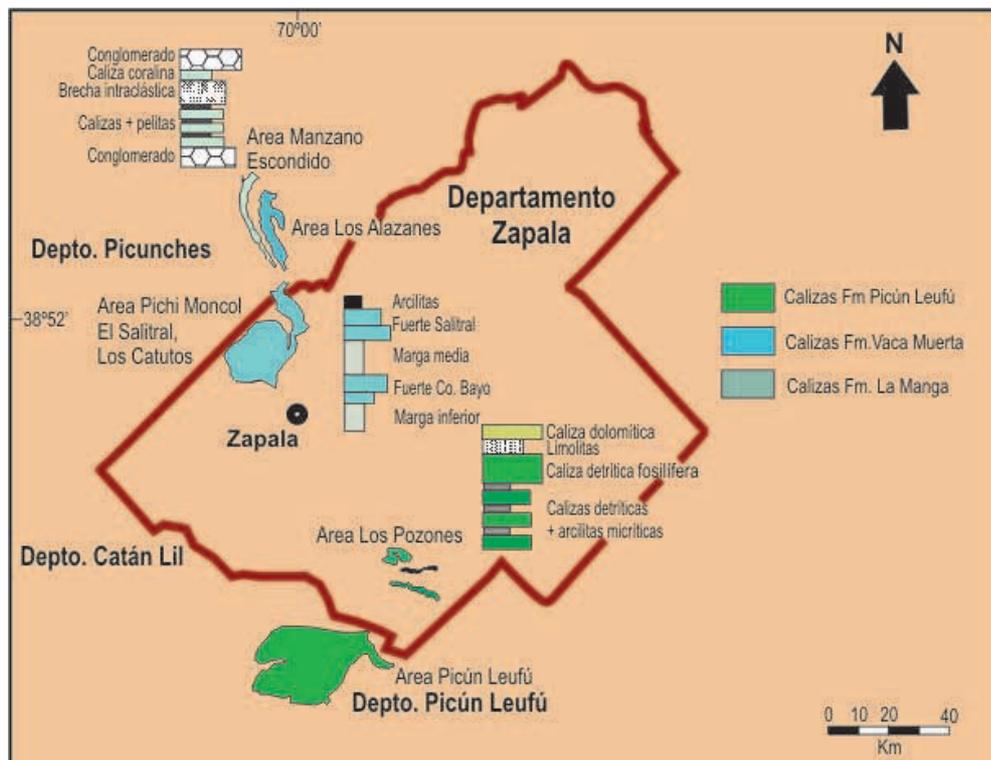


Figura 2: Ubicación de los yacimientos de calizas en el departamento Zapala y alrededores correspondientes a la Fms. La Manga, Vaca Muerta (Mb. Los Catutos) y Picún Leufú.

Los estratos son en general compactos y macizos, presentándose en bancos de 0,50 a 1,50 m de espesor, con delgadas intercalaciones de margas y pelitas. Tienen un arrumbamiento general NO-SE, buzamientos de 13° a 15° N. Estos niveles se explotan exclusivamente para la elaboración de cementos mientras que las capas del tramo cuspidal de la unidad (calizas litográficas o lajosas) se extraen artesanalmente para su aplicación en revestimientos, pisos y usos ornamentales en general. En la Tabla 1 se muestran las características químicas de los diferentes tipos de calizas de este distrito, utilizadas principalmente para elaboración de cementos (normal, filler y puzolánico) en la planta Zapala de Loma Negra.

**Área Manzano Escondido:** Los yacimientos de caliza están vinculados a depósitos de la Fm. La Manga, la cual está compuesta fundamentalmente por calcáreos marinos que suprayacen a la Fm. Lotena. Comienza con 5 a 20 m de calizas gris oscuras (mudstones esqueléticos, oolíticos e intraclásticos) estratificadas en bancos finos entre los que intercalan delgadas capas de pelitas negras.

#### Planta Zapala Loma Negra

Continúa con una segunda sección que a veces falta y cuyo espesor no sobrepasa los 15 m, representada por brechas calcáreas intraclásticas con material yesífero y fenoclastos de limolitas rojas o calizas densas con concreciones de pedernal. Usualmente presentan la forma de cuerpos abultados (biohermas) de hasta 2 km de longitud y 2 a 4 m de potencia. La relación entre ambas secciones es concordante; en Cuchillo Curá se interpone entre ellas un nivel yesífero de espesor variable.

La principal explotación de calizas en el área corresponde a la cantera de AMBAR SA en la zona de Manzano Escondido. Con un régimen de producción anual del orden de las 250.000 t el material se destina a la elaboración de cales y carbonato de calcio para enmienda de suelos.

En el paraje los Alazanes, 22 km al norte de Zapala y en cercanías de Manzano Escondido afloran wackestones, también pertenecientes a la Fm. La Manga, y se caracterizan por su fino lajamiento, propiedad que es aprovechada para su explotación comercial.

**Área Los Pozones:** Se accede al área por el viejo camino que conducía a los hornos de cal de la firma Barda Negra, unos 35 km al sur de Zapala. En el sector afloran calizas detríticas fosilíferas integrantes de la Fm. Picún

Leufú. Estas se presentan en una sucesión de bancos de 0,20 a 0,60 m, llegando a un banco de 1,60 m. a partir del cual los espesores decrecen paulatinamente hacia el techo de la secuencia calcárea. Los afloramientos presentan variaciones verticales y horizontales y una cobertura de materiales inconsolidados que en algunos sectores alcanza espesores de uno a dos metros. La caliza es de grano fino, homogéneo, con concentraciones aisladas de fósiles. La presencia de nódulos silíceos en la mayoría de los niveles es más frecuente que en las calizas del área Pichi Moncol.

**Área Los Catutos:** La cantera de caliza Los Catutos, también conocida como cantera «El Ministerio» cuenta con tres frentes de explotación en estado de inactividad, y construcciones abandonadas de una planta de elaboración de cal con tolva de carga para horno vertical, caminos y accesos a los diferentes frentes, y playas de acopio de mineral. Los bancos de caliza se disponen en posición horizontal a subhorizontal, con leves buzamientos al SW. Al igual que en el área de Pichi Moncol están constituidos por calizas bioclásticas micríticas y peloidales del Mb. Los Catutos correspondiente a la sección inferior de la Fm. Vaca Muerta encontrándose su perfil tipo justamente en esta cantera, donde acusa 70 m de espesor. Dentro del área de la cantera se pueden delimitar dos grandes bloques o escalones en correspondencia con el relieve del terreno, constituidos por una sucesión de bancos de caliza de distinto espesor y lajamiento. Comúnmente éste aumenta hacia el techo de la secuencia, siendo de mayor espesor los bancos del tramo inferior. Las reservas remanentes de caliza de esta cantera han sido estimadas en 43 M de toneladas. En la Tabla 2 se indican las principales características químicas y físicas de las calizas aflorantes en las dos áreas descriptas.

#### Otras áreas de interés potencial

Las calizas de la Fm. Picún Leufú aflorantes a la vera de la ruta nacional 40 sobre el puente del río Picún Leufú presentan en esa comarca gran distribución areal. Las facilidades de acceso que ofrecen huellas y caminos vecinales aproximan casi siempre a las mejores exposiciones de los bancos calcáreos.

Las capas generalmente se encuentran en posición subhorizontal y en muchos casos no tienen cobertura con lo que se posibilita su eventual explotación a cielo abierto dado que dichos afloramientos son canteras potenciales

Análisis Químico	Fuerte Salitral	Fuerte Cº Bayo	Flojo Salitral
Ppc	39,48	37,61	34,55
CO <sub>3</sub> Ca	80,30	81,50	73,80
CaO	73,46	72,90	65,19
SiO <sub>2</sub>	17,95	18,60	24,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,33	4,51	5,89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,15	1,53	2,11
MgO	1,50	1,50	1,40
SO <sub>3</sub>	0,12	0,05	0,07
K <sub>2</sub> O	0,08	0,04	0,09
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,07	0,04
CaI libre	0,00	0,00	0,00
St cal (*)	130,75	124,78	84,03

Tabla 1. Análisis químico de calizas area Pichi Moncol - El Salitral (Fuente: Laboratorio



PROPIEDADES QUÍMICAS		CALIZAS (JURÁSICO SUPERIOR – CRETÁCICO INFERIOR)			
		ÁREA LOS CATUTOS		ÁREA LOS POZONES	
		Valores mínimos	Valores máximos	Valores mínimos	Valores máximos
	HUMEDAD	0,13	0,67		
	Ca O	42,07	54,19	43,09	53,36
	Mg O	0,38	4,33	0,97	7
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,7	3,41		0,2
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	0,78		0,2
	Si O <sub>2</sub>	0,56	0,65		
	Ins. en HCL	4,25	15,05	0,99	12,04
	Pérdida por calcinación	29,14	44,22	36,59	43,3
	Carbonato de calcio	93,26	95,51	63,9	89,36

Tabla 2: Características químicas: calizas de las áreas Los Catutos y los Pozones- Departamento Zapala (Fuente: Laboratorio Químico DPM)

(Leanza & Leanza 1979). Por su composición química revelarían excelente aptitud para elaboración de cales y cementos.

Composición química de una caliza del área Picún Leufú (Leanza & Leanza 1979).

Oxido de calcio (O Ca) .....	51,5%
Oxido de Magnesio (MgO) .....	0,8%
Aluminio (A <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	0,1%
Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	0,5%
Azufre total (S) .....	0,04%
Fósforo .....	vestigios
Ppc a 900°C .....	41,2 %
Humedad a 105°C .....	0,2%
Insoluble en CIH .....	5,6%
CO <sub>3</sub> Ca .....	91,9%

En años recientes se ha intentado con relativo éxito la extracción de bloques de calizas y calizas fosilíferas para usos ornamentales en algunos niveles de la Fm. Picún Leufú. Las explotaciones no han conseguido mantener un régimen regular y permanente, a veces por razones de mercado otras por bajos rendimientos en el aserrado de los bloques. Lo cierto es que a la fecha todas estas canteras se encuentran sin actividad.

De la misma unidad geológica proceden las piedras lajas que se explotan esporádicamente en pequeñas canteras en la zona del Picún Leufú y arroyo de los Molles. También se han extraído lajas de areniscas calcáreas y piedras para construcción en la zona de Aguada del Overo, pocos kilómetros al sur de la anterior. Estas corresponden a la Fm. Bajada Colorada y en razón de su calidad y variedad de espesores y color se comercializaron durante más de 30 años en el mercado de la región con sostenida demanda. Las cifras de producción anual correspondientes al período 2005-2008 ubican a esta región del departamento Catan Lil como una de las principales productoras de piedras lajas juntamente con las del departamento Zapala que ocupan el primer puesto. Entre ambas totalizan una producción de 7.200 t/año.

### Calcita y yeso

La región donde se concentran las principales explotaciones de estas sustancias se ubica unos 50 km al no-

roeste de Zapala, sobre ruta nacional 40 en los cordones de Cuchillo Curá y Curymil. Ambas serranías forman parte de los flancos norte y sur del anticlinal asimétrico de la sierra de Vaca Muerta. La geología del área está caracterizada predominantemente por sedimentitas marinas y continentales del Jurásico a las que se asocian importantes acumulaciones de yeso y calcita constituyendo depósitos de interés económico.

En el cordón de Cuchillo Curá el afloramiento principal de calcita, localizado estratigráficamente dentro de la Fm. La Manga se inicia a pocos metros de la ruta nacional 40 con una potencia media de 20 m y una inclinación de 25° al norte. Hacia el este el espesor del manto disminuye hasta alcanzar 15 m al tiempo que su mineralogía va pasando de CO<sub>3</sub>Ca<sub>2</sub> puro a una asociación con celestina-baritina subordinadas. La longitud total del afloramiento es de unos 7 km terminando en la mina Llao Llao. Un segundo manto se desarrolla sobre el techo de la unidad y se extiende a lo largo de unos 5 Km con una potencia de 22 m y buzamiento de 30° al N en afloramientos prácticamente sin escape (Casé & Ronconi 1979).

Las reservas de calcita con una pureza que varía entre 97,30 % y 99,27 % ascienden a 23,4 Mt (Casé & Ronconi 1979). La apertura de nuevas canteras en el área y el desencape y desarrollo de otras zonas en preparación permite agregar a las reservas indicadas unas 2 M de toneladas.

El yeso se presenta en las dos alas del anticlinal de Vaca Muerta, con marcado buzamiento y sus afloramientos dentro de la estructura general convergen hacia el cerro Mallín Quemado, hundiéndose hacia el noreste. En el cordón del Curymil aflora con una potencia superior a los 200 metros. A la latitud de la Cueva del León pasa lateralmente a calcita acuñaándose hacia el sudoeste antes del cerro Manzano Grande. En dirección a Mallín Quemado el banco de yeso se adelgaza desapareciendo en profundidad sobre el flanco norte del cerro homónimo. La inclinación del manto yesífero oscila entre 30° y 35° al este-sudeste, encontrándose expuesto directamente en superficie. Se han cubicado unas 60 Mt de yeso en una extensión de 2.000 m y una profundidad estimada de 400 m, lo que posibilitaría explotaciones escalonadas en superficie y sobre el nivel del valle.

En el cordón del Cuchillo Curá el yeso es menos potente, observándose en los afloramientos mejor expues-

tos un espesor superior a los 40 m a lo largo de más de 1 km lo que permite adicionar alrededor de un millón de toneladas. El yeso registra una pureza que varía entre 93 y 98 % disminuyendo marcadamente en proximidades de los cambios laterales de facies.

Otras explotaciones comerciales de yeso se localizan al este del cerro Bayo, a la vera de la ruta provincial 14, asociadas en este caso al Mb. La Tosca de la Fm. Huitrín. En estos afloramientos se presentan exclusivamente acumulaciones de yeso gris oscuro, dispuestos en bancos tabulares a ligeramente irregulares de 20 a 40 cm de espesor, con delgadas intercalaciones de arcillitas grises oscuras, los que en conjunto alcanzan casi 30 metros de potencia.

En los últimos años la mayor parte de la producción de estas sustancias se ha exportado a mercados chilenos a razón de 80.000 t/año (calcita y calizas) y de unas 5.400 t/año (yesos).

### Caolín

**Área Tres Picos:** Las manifestaciones de caolín se hallan dentro de la Reserva Indígena de Chiquilhuín, 35 km al noroeste de la localidad de Junín de los Andes. El sector fue reconocido durante la prospección geoquímica del Plan Cordillerano Centro (Área de Reserva IV- Tres Picos) (Salaberry & Crespo Kennedy 1969, en Sudamconsult & Asociados 1973) mediante la cual se detectó la presencia de alteración caolínica en la comarca. Hayase & Maiza (1971) y Losada *et al.* (1973) (en Sudamconsult & Asociados 1973) determinaron los minerales de mena: nacrita, dickita, pirofilita, montmorillonita y cuarzo indicando la existencia de una zona mineralizada y la presencia de ceolita. De acuerdo con lo evaluado por Sudamconsult & Asociados (1973) en los afloramientos 1, 2 y 5 se hallaron distintas arcillas, encontrándose la mayor concentración de caolín en el nivel superior del afloramiento 1. Estos materiales serían los más promisorios y pueden ser de interés para la industria cerámica, con limitaciones para loza y porcelana blancas por su tenor de hierro. El afloramiento 2 presenta materiales constituidos fundamentalmente por arcillas del grupo de la montmorillonita e illita, de menor interés económico. Por último el afloramiento 5 presenta arcillas caolínicas que pueden ser utilizadas para elaboración de pastas cerámicas, aunque no se justificaría ninguna explotación por el nivel de reservas existentes. Las mismas ascienden a 1747 t, cifra demasiado exigua como para sustentar una explotación a nivel de pequeña minería.

### Cuarzo

En las minas «Ilusión» y «Pegada» ubicadas 50 km al sudoeste de la ciudad de Zapala, en la comarca de Espinazo del Zorro (estancia Pesqueira) se reconocen dos depósitos de cuarzo. El acceso se efectúa por ruta provincial 46 hasta arribar a la mencionada estancia desde donde se toma una huella en dirección al noroeste; a unos mil metros se empalma con otra que hacia el oeste conduce al sitio de los afloramientos.

El mineral se presenta en dos cuerpos de cuarzo tipo *quartz plug* (tapón de cuarzo) de origen hidrotermal emplazados en el faldeo sur de un pequeño cerro; son de sección aproximadamente circular de unos 150 m de diáme-

tro, presentando fracturación mediana a intensa, en partes con depositación de óxidos de hierro.

Se presume que las soluciones hidrotermales que les dieron origen han ascendido acompañando la intrusión de un pórfido granodiorítico biotítico que aflora en el área próxima al pórfido cuprífero de La Voluntad (Cucchi & Leanza 2006). Todos los cuerpos cuarcíferos son esencialmente estériles en sulfuros, conteniendo entre un 3 y 6 % de  $Fe_2O_3$ . El material es utilizado exclusivamente para la elaboración de cemento en la planta existente en el parque industrial de Zapala, a razón de 400-500 t/año.

Por otra parte, a la vera de la ruta nacional 40 en el desvío que conduce a Las Coloradas por la provincial 17 y frente a una de las entradas de la estancia La Negra, la mina «César Eduardo» exhibe un pequeño depósito de ftanita. Trátase de un banco intercalado entre calizas arenosas de la Fm. Agrio cuyos afloramientos forman una cresta de orientación NO-SE. El espesor del banco varía entre 0,80 a 1,20 m, encontrándose en posición subhorizontal, con leve buzamiento hacia el SE presentando una corrida según el rumbo de las capas de unos 200 metros. La potencia del banco disminuye hacia el E con tendencia lentiforme en esa dirección. No se ha registrado explotación alguna hasta el presente.

### Diatomitas

Los depósitos de diatomitas de la meseta de la Barba Negra - Carro Quebrado (50 km al SE de Zapala) y del cerro Villegas (unos 20 km al norte de Balsa Huitrín) se asocian a la acumulación de tobas de las formaciones Collón Curá y Carrere respectivamente, en cuerpos lagunares. En ellos se han generado condiciones propicias para el desarrollo de microorganismos como las diatomitas.

En la primera de las localidades mencionadas los niveles de diatomitas reconocidos alternan con finas capas limo-arenosas y arcillosas. En la mina «Tula» los estratos forman cuerpos lenticulares, constituidos por restos fósiles silíceos (espículas y frústulos de diatomeas) generalmente con componentes inorgánicos accesorios tales como vidrio volcánico, bentonita y esporádicamente calcita. Su aspecto terroso la semeja a la tiza; es altamente porosa y astringente, muy friable, y su color dominante es gris claro a blanco. La potencia de los bancos oscila entre 1,5 y 4 m siendo posible diferenciar seis niveles de diatomitas con grados variables de impurezas.

Por su parte en la región del cerro Villegas en la mina «Los Ranqueles» los depósitos de diatomitas están representados por una sucesión de mantos alternantes, destacándose los de mayor pureza por su coloración blanquecina, con espesores de 1,20 a 1,60 metros. Estos alternan con bancos tobáceos de color gris claro, en los que aumenta notoriamente la presencia de vidrio volcánico. La roca es muy porosa y secada al sol tiene un peso específico de 500 kg/m<sup>3</sup>.

Los frentes de explotación abiertos en la cantera exhiben el mineral a lo largo de 600 m con una potencia de 20-25 metros. Las reservas del mineral a la vista han sido estimadas en 450.000 t (Sudamconsult & Asociados, 1973). Este yacimiento se mantuvo en producción durante la década de 1960 alcanzando a registrar un total de 7000 t de mineral extraído.



% en peso	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	SiO <sub>2</sub>	ppc	Pe Kg/m <sup>3</sup>
Tula	2,3	2,7	3,2	1,6	--	75	16,4	960
Los Ranqueles	3,02	3,66	2,22	1,72	0,55	78	6,21	500

Tabla 3: Características químicas y físicas de diatomitas

En la Tabla 3 se indican las características químicas de las diatomitas de Carro Quebrado (mina Tula) y cerro Villegas (Los Ranqueles).

### Dolomías

El área de producción de dolomías se localiza al E de la sierra de la Vaca Muerta y a unos 50 km al norte de Zapala. EL acceso se realiza a través de la ruta provincial 14 (ex ruta nacional 40) cuya traza corre paralela al borde oeste de los afloramientos dolomíticos. Las calizas dolomíticas y dolomías corresponden preponderantemente al Mb. La Tosca de la Fm. Huitrín, la que en el área forma una amplia terraza estructural con suave inclinación al E, sin cubierta de terrenos modernos.

Los bancos dolomíticos son de color gris claro a pardo amarillento, de aspecto macizo y espesor variable, alternando con delgados niveles de fangolitas calcáreas y dolomíticas cuyo espesor varía entre 5 a 10 centímetros. Dentro del área en las zonas del cerro Campana y Pampa de la Cueva, dos sectores seleccionados (aproximadamente 11.500 has) fueron evaluados por Danderfer *et al.* (1991) quienes estimaron reservas probables del orden de 8,4 Mt de dolomías con una ley de óxido de magnesio entre 19 % y 20 % y contenidos de 1,5 % SiO<sub>2</sub> en promedio.

Los mencionados autores diferenciaron dentro de la Fm. Huitrín, de abajo hacia arriba, tres miembros:

**Miembro Chorreado:** constituido por un banco de yeso pulverulento terroso, blanco sucio, que alcanza un espesor de 15 m, y en el que suelen presentarse manifestaciones aisladas de azufre asociado a procesos biogénicos.

**Miembro Troncoso:** representado por arcilitas verdes y areniscas bayas, a veces con niveles u horizontes de celestina que traslapan lateralmente con yeso.

**Miembro La Tosca:** conformado por una sucesión más o menos monótona de calizas micríticas, en parte dolomitizadas, de color gris a pardo amarillentas, en bancos regulares de 6 a más de 20 m de potencia.

Actualmente una decena de canteras explotan en esta zona dolomías para elaboración de encalados y fertilización de suelos los cuales se han exportado mayormente a Chile. Para el período 2007-2008 el volumen de estas exportaciones alcanzó las 20.000 t, según datos de la Estadística Minera Provincial.

Otra región con importantes afloramientos de la misma unidad corresponde a estancia La Patria -estancia Las Naciras, en la comarca de Covunco Abajo, 35 km al noreste de Zapala. En un perfil. integrado de la Fm. Huitrín aflorante en estancia La Patria (Del Carril & Sarudiansky, 1976) reconocieron de techo a piso la secuencia que se muestra en la Fig. 2.

En los bancos calcáreos dolomíticos de este perfil se destacan valores de 18 a 19 % de MgO, 31,8 % CaO, 0,4 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y 2 % SiO<sub>2</sub>. Comúnmente los bancos dolomíticos se encuentran por encima de niveles yesíferos basales. En

algunos sitios, por debajo del yeso se presenta un banco de 6 m de espesor con valores de 17,89 % MgO 31,1% CaO y 3,13 % SiO<sub>2</sub>.

Sumando los recursos existentes en esta región (cordón del cerro Mocho - Ea. La Patria - Ea Las Naciras) las reservas geológicas de dolomías y calizas dolomíticas en los alrededores de Zapala totalizan los 120 M de toneladas.

### Fosforita

Estudios realizados en la década de 1970 por Mastandrea *et al.* (1975), como parte de los trabajos llevados a cabo en el país por el Plan Fosforita del Servicio Minero Nacional, han logrado efectuar hallazgos originales de roca fosfórica en la Cuenca Neuquina. Según los citados estudios, la acumulación de fosforitas tuvo lugar en sedimentitas marinas del Grupo Mendoza en dos episodios fosfogénicos, registrándose el primero de ellos en el lapso Tithoniano-Berriasiano, durante la sedimentación de la Fm. Vaca Muerta. El segundo episodio fosfogénico, de edad más joven y de menor importancia que el anterior, tuvo lugar durante el lapso Valanginiano superior - Hauteriviano inferior, concomitantemente con la sedimentación de la parte cuspidal de la Fm. Mulichinco y la parte basal de la Fm. Agrio.

Las manifestaciones y depósitos fosfáticos de mayor importancia se localizan en la sierra de la Vaca Muerta, en las áreas de Mallín Quemado, La Porfía y Bajada Vieja, y al norte del río Agrio, en la región del cerro Punta Alta (Mastandrea *et al.* 1975). También se han detectado niveles fosfáticos en los afloramientos de la Fm. Vaca Muerta en el flanco norte del cerro Salado (Leanza *et al.* 2001).

**Área de Mallín Quemado - La Porfía:** Se localiza en el flanco occidental del cordón de la Vaca Muerta, en cercanías del complejo minero de Mallín Quemado. Se puede acceder fácilmente al sitio por ruta provincial 14, tomando por el camino que conduce a las minas de baritina, 10 km al norte de Covunco Centro.

En la zona de las manifestaciones fosfáticas se reconoce de techo a piso la siguiente secuencia:

**Nivel I:** Banco de coquina con abundantes valvas de *Exogyra couloni* y en menor cantidad *Trigonia carinata*, de 0,30 a 1 m de espesor, con nódulos fosfáticos en el detrito y en las valvas. El contenido en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varía de 1 a 3 %.

**Nivel II:** Capa de coquina de 0,50 - 0,90 m de espesor con *Exogyra couloni* y otros bivalvos con leyes de 0,8% a 3,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Está separado del anterior por 4 a 9 m de lutitas estériles.

**Nivel III:** Contiene nódulos fosfáticos de hasta 1 cm y fósiles fosfatizados. Su potencia es de 0,46 a 0,75 m con contenidos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que varían de 1% a 5,7%.

El sector superior registra varios niveles anómalos que acusan espesores y tenores similares a los observados en el tramo inferior.

Los análisis de tres muestras de material seleccionado en el área frente a Mallín Quemado dieron los siguientes valores: SiO<sub>2</sub> entre 34,2 y 52 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 11 y 13,6 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 6,8 y 7,2 %; CaO entre 12,2 y 19,3 %; MgO entre 0,1 y 1 %; F entre 2 y 4 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> entre 4,9 y 17,5 %; ppc a 900°C entre 5,7 y 8,5 % (Mastandrea *et al.*, 1975).

**Área de Bajada Vieja:** Este sector representa la continuidad geográfica y geológica del cordón reconocido en Mallín Quemado, 17 km al noreste de Las Lajas. Similarmente las manifestaciones fosfáticas se localizan en la parte superior de la Fm. Vaca Muerta. Los bancos mineralizados presentan buzamientos de 15° a 40° E, y están comprendidos en una faja de 20 a 30 m de espesor.

Los bancos presentan un carácter lenticular y están constituidos por una coquina con *Exogyra couloni* y otros pelecípodos en una matriz arenosa calcárea, areniscas finas y margas.

Se destacan por su mineralización 4 niveles, los que de techo a piso son los siguientes:

**Nivel I:** De carácter lenticular, se extiende casi 4 km con espesores de 0,30 a 0,80 m y leyes de 1,4 % a 4,2 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Nivel II:** Con potencias de 0,30 a 3 m, con leyes de hasta 8,1 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Nivel III:** Presente a lo largo de unos 3 Km con espesores de 0,25 a 1,10 m y leyes de hasta 6,1 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Nivel IV:** Es el más importante de todos, con una extensión de 3.500 m, con potencias de 0,20 a 2 m y tenores de 1 a 7 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Área del cerro Punta Alta:** Esta zona al norte del río Agrío, unos 8 km en línea recta noroeste de la localidad anterior. En ella se reconocieron siete niveles representados por limolitas pardas calcáreas y coquina de *Exogyra couloni* y otros pelecípodos con nódulos fosfáticos, con potencias de 0,10 a 0,50 m y tenores que varían entre 1 y 3,8 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Mastandrea *et al.*, 1975).

**Área del cerro Salado:** Las manifestaciones de fosforitas de esta localidad mencionadas por Leanza *et al.* (2001) con posterioridad a los trabajos efectuados por el Plan Fosforita Las manifestaciones de fosforita se localizan en el flanco norte del cerro Salado, en una ventana erosiva que alcanza a descubrir los términos superiores de la Fm. Vaca Muerta a través de un corto trecho sobre la charnela del anticlinal del mismo nombre. Las ocurrencias constituyen la continuidad de las identificadas en el cerro Punta Alta (Leanza *et al.* 2001).

Un perfil integrado de los niveles mineralizados en el cerro Salado correspondientes a la sección superior de la Fm. Vaca Muerta muestra la siguiente secuencia:

**Techo:** pelitas oscuras: Fm. Vaca Muerta  
0,80 m: Limos arenosos con nódulos de colofano  
5,00 m: Pelitas oscuras  
0,60 m: Limos arenosos pardo amarillentos con nódulos de colofano  
7,00 m: Limos arenosos con margas intercaladas  
10,00 m: Pelitas gris verdosas  
0,40 m: Micrita fosilífera con ostreas fosfatizadas  
4,50 m: Pelitas y limolitas pardo grisáceas  
0,50 m: Micrita fosilífera con ostreas fosfatizadas y

nódulos de colofano

7,50 m: Pelitas oscuras

2,20 m: Biostroma con ostreas. Caliza gris azulada con nódulos de colofano.

**Piso:** pelitas oscuras con margas intercaladas: Fm. Vaca Muerta.

En el Catastro Minero de la Dirección Provincial de Minería la zona está cubierta por un área de indisponibilidad correspondiente a la manifestación de descubrimiento registrada bajo el nombre de «Fragata».

### Rocas y piedras para ornamentación y elaboración de mampuestos

#### Granitos - Gabros

Excelentes exposiciones de granitos se localizan a lo largo del valle del río Aluminé, sobre su margen izquierda, entre el Lago Ñorquinco y el casco de la estancia Pulmarí. En todos los casos los afloramientos se localizan próximos a la traza de las rutas y caminos secundarios o son atravesados por ellos. Se trata de granitoides pertenecientes a la Granodiorita Paso de Icalma, de grano fino a mediano, en general de coloración gris claro a gris azulada; presentan texturas granulares hipidiomórficas a alotriomórficas, con plagioclasa An<sub>20-30</sub>, ortoclasa peritítica y cuarzo. Entre los mafitos, la biotita pardo rojiza predomina sobre hornblenda verde azulada, observándose dentro de los accesorios apatita, titanita, circón y epidoto, con prehnita y clorita como alteración de la biotita. (Cucchi & Leanza 2006).

Los afloramientos presentan diaclasamiento rectangular a trapezoidal demarcando mazos de roca que pueden proporcionar bloques de 4 a 5 m cúbicos. Un número reducido de estos afloramientos, a lo largo del camino que conduce desde Pulmarí hasta el lago Ñorquinco, ha sido objeto de explotaciones esporádicas. Varios bloques de roca proporcionaron en su momento (década de 1980) planchas para elaboración de pisos, los cuales fueron comercializados en el mercado regional bajo la denominación de «Gris Pulmarí». La composición mineralógica predominante es plagioclasa 50 % - cuarzo 20 % - biotita 10 % - sericita 1 % - hornblenda 10 % - opacos 5 % - apatita 2 % y clorita 2 %. Es frecuente la presencia de xenolitos o resisters que van de 1 hasta 15 cm de diámetro; no se visualizan concentraciones de mica, ni fenómenos de disolución. Se observan venas o venillas que suelen utilizar los canteristas como guías estructurales para la extracción de bloques. Los afloramientos de gabros se exponen sobre ambas márgenes del río Pulmarí, aguas arriba de la laguna de Los Giles. Enfrente de la laguna Verde fue abierta años atrás la cantera «María Juana» para extracción de bloques; hoy inactiva se encuentra ubicada sobre la margen sur del río Pulmarí, a 46 km de la localidad de Aluminé. Se puede arribar al sitio a través de la ruta provincial 11, a cuya vera se encuentran los frentes de explotación. La geología en el área de la cantera es bastante simple ya que se trata de una facies gábrica dentro de la Granodiorita Paso de Icalma. Se la interpreta como un pulso de magma básico de dimensiones reducidas, aflorando en las partes más bajas del valle del río a modo de cuerpos aislados. (Cucchi & Leanza 2006). Los afloramientos están fracturados como



consecuencia de la meteorización física y del relajamiento del material después del retiro glacial (fracturación con diseño angular agudo que origina bloques de reducido tamaño, de formas bipiramidales). Este efecto desaparece parcialmente hacia los 2 m de profundidad a partir de los cuales se encuentra una roca fresca de color negro muy dura.

La textura de la roca es granosa, de mediana a fina, integrada por 60% plagioclasa, 20% augita, 5% biotita, 10% opacos, y 5% de apatita (Catricurá SA 1996). El afloramiento seleccionado en su momento para la explotación y del que se obtuvieron varios bloques que se comercializaron con la denominación «Negro Pulmarí», es un cuerpo elongado en sentido noroeste-sudeste, de aproximadamente 600 m de largo y 300 m de ancho, seccionado en cuerpos menores por cañadones que desaguan en el río Pulmarí.

Las reservas de explotación estimadas ascienden a los 135.000 m<sup>3</sup>, de los cuales fueron recuperadas hasta la paralización de la explotación 46.000 m<sup>3</sup>. La vida útil para uno de los sectores de la cantera, tomando en cuenta una escala de explotación de 3.000 m<sup>3</sup> anuales fue estimada en 15 años (Coriale 1996). En la Tabla 4 se indican las propiedades físicas de estas rocas, según ensayos realizados en el Centro de Investigación y tecnología aplicada a la Construcción.

Por alteración meteórica se observa en los gabros oxidación parcial de biotitas, augita y opacos produciendo en la roca variaciones cromáticas y falta de competencia. En las chapas pulidas se traduce en pintas oxidadas, de colores pardos algo más claros que la tonalidad dominante.

### Mármoles y travertinos

**Cantera de *lumachella* «Amancay»:** El área de localización de la cantera se ubica unos 26 km al sudoeste de la ciudad de Zapala. Se llega al sitio por ruta provincial 46, en dirección a Laguna Blanca y 1000 m antes del portal de ingreso al Parque Nacional Laguna Blanca aparta hacia el sur una huella minera que tras 3 km de recorrido llega al pie de la cantera.

Los frentes de trabajo están a cubierto de la visibilidad desde la ruta y el acceso permite el ingreso de equipos durante todo el año, salvo en caso de nevadas excepcionales. Se encuentra a una altitud de 1180 m. s.n.m. Se trata de bancos de calizas fosilíferas pertenecientes a la Fm. Picún Leufú que afloran en el sector con buzamientos de 10° a 15° al este, en estratos de 3 a 5 m de potencia, cubriendo un área de 0,8 a 1 km<sup>2</sup>. Los bancos presentan un rumbo general NO-SE formando parte de una estructura

homoclinal que se extiende de manera uniforme hacia el este.

Sobre el flanco oeste de los afloramientos existen dos frentes de cantera de los cuales se han extraído bloques de *lumachella* de tonalidades pardo amarillenta a beige y blanco amarillento. Se ha comercializado para revestimientos laterales (interior y exterior) en planchas rectangulares (2,20 x 1,30 m o mayores con espesores de 12 y 20 mm).

Se dispone de ensayos técnicos realizados en el CITAC/INTI cuyos resultados indican para la roca las siguientes propiedades físicas:

Densidad .....	2420 Kg/m <sup>3</sup>
Absorción .....	2.66 %
Porosidad .....	4.34 %
Abrasión .....	2.95 mm/1000 m
Impacto .....	250 mm
Dilatación .....	4.9 x10 <sup>-6</sup> 1/°C

**Calizas fosilíferas Pampa de las Liebres:** El área se ubica al este del cerro Villegas, en Pampa de las Liebres. Se llega al sitio por ruta provincial 7 hasta proximidades del cerro Huantraico enfrente del cual se encuentra la huella de acceso a las canteras, la que apartando hacia el sudoeste conduce al lugar de la explotación tras un recorrido de unos 3,5 kilómetros. Se encuentra a unos 70 kms al SE de Buta Ranquil, localidad más cercana, y a 95 kms de Chos Malal vía laguna Auquinco.

Las rocas son calizas fosilíferas y coquinas de la Fm. Roca las que se presentan en el sector en bancos subhorizontales de 3 a 4 m de potencia abarcando un área de unos 12 km<sup>2</sup>. Las capas tienen un rumbo general NE-SO con buzamientos de 5° a 7° al sur y sureste, formando parte de una terraza estructural ligeramente abovedada por plegamiento. Los afloramientos con mejor exposición y frentes de corte naturales cubren una superficie de 5 a 6 km<sup>2</sup> con tres niveles de calizas en bancos de 3,5 a 4 m de espesor.

Existen cuatro frentes de cantera de los cuales se han extraído bloques de 4 a 5 m<sup>3</sup> de tonalidades blanquecinas, rosadas y beige a pardo claro. Se comercializa para revestimientos laterales y pisos (interior y exterior) en planchas rectangulares (2,20 x 1,30m o mayores y 0,30 m x largo libre con espesores de 12 y 20 mm).

En el sector norte de los afloramientos se ha estimado una reserva geológica en el área de influencia del frente de explotación activo del orden de los 80.000 m<sup>3</sup> (se asigna 100 m de longitud de frente a cada lado del eje de la actual explotación en sentido E-O por 100 m de profundidad, en sentido N-S).

Ensayo físico	Pulmarí Gris	Pulmarí Negro
Densidad	2660 Kg/ m <sup>3</sup>	<b>2869 Kg/m<sup>3</sup></b>
Absorción	0,20%	<b>0,17%</b>
Porosidad	0,31%	<b>0,26%</b>
Abrasión	0,90 mm/1000m	<b>1,35mm/1000m</b>
Impacto	500mm	<b>350mm</b>
Dilatación	7,2 x10 <sup>-6</sup> /1°C	<b>5,4x10<sup>-6</sup> /1°C</b>
Compresión	136,8Mpa	<b>172,1Mpa</b>
Flexión	15,7 Mpa	<b>19,6 Mpa</b>
Heladicidad	123,4 Mpa	<b>160,5 Mpa</b>

Tabla 4. Propiedades físicas de granitos y gabros de Pulmarí

**Cantera de travertino Buta Ranquil:** Se localiza unos 6 km al SE de la localidad de Buta Ranquil. Se llega al sitio por ruta nacional 40 y 5 km antes de arribar a la mencionada localidad se ingresa a la cantera por una huella que aparta hacia el oeste. Los frentes de trabajo se ven desde la ruta, y los accesos permiten el ingreso de equipos durante todo el año.

Se trata de costras calcáreas lobulares en forma de abanico, asociadas a la actividad termal del volcán Tromen, con orientación NO-SE, en bancos subhorizontales de 3 a 5 m de potencia. Los afloramientos, en general con buena exposición cubren una superficie de 0,5 km<sup>2</sup>. Se diferencian 2 sectores de travertino: 1) textura compacta con bandeado cromático fino en bancos de 3,5 a 4 m de espesor, color blanco tiza a grisáceo (sector E) y 2) textura porosa con mayores hoquedades, tonalidades blanquecinas a beige (sector O).

La explotación se realiza mediante banqueo en frentes de 2 m de altura. Los frentes en operación tienen de 25 a 30 m de ancho con una profundidad de 10 a 15 m, realizándose el corte mediante hilo diamantado y retiro de bloques con cargadora frontal y camión. Se comercializa para revestimientos laterales (interior y exterior) en planchas rectangulares (2,20 x 1,30 m o mayores y 0,30m x largo libre con espesores de 12 y 20 mm). Los ensayos técnicos del travertino blanco realizados en el CITAC / INTI indican para la roca las siguientes propiedades físicas:

Densidad ..... 2410 kg/m<sup>3</sup>  
 Absorción ..... 1.8%  
 Porosidad ..... 3.0%  
 Abrasión ..... 4.63 mm/1000 m  
 Impacto ..... 250 mm  
 Dilatación ..... 4.8 x10<sup>-6</sup> 1/°C

**Travertino Amarillo Salinas de Huitrín:** Se localiza en el paraje denominado Salinas de Huitrín, 11 km al NE de Balsa Huitrín. El acceso es dificultoso y en partes debe transitarse a través de cauces temporales (cañadones). El travertino se presenta en costras calcáreas lobulares en un área de aproximadamente 2 km<sup>2</sup>. Los mayores espesores se localizan en el sector noroeste del afloramiento sobreyaciendo a limolitas continentales rojas. Ocasionalmente aparecen finos lentes de calcita blanca como relleno de fisuras y oquedades (ónix blanco), producto de precipitados químicos de aguas circulantes carbonatadas. Se ubican a 1270 m s.n.m. siendo sus coordenadas geográficas S 37° 42' y O 69° 49'.

No existen laboreos de explotación habiéndose extraído sólo algunas planchas y molones para pruebas de corte y pulido.

**Cantera de mármol Lunel Curymil:** Se accede al área de la explotación desde Zapala por ruta nacional 40 en dirección a Las Lajas; tras 40 km de recorrido se arriba al sitio luego de recorrer 5 km por huella minera. En el área afloran calizas, calcarenitas y areniscas pertenecientes a la Fm. Vaca Muerta, expuesta en el flanco oriental del cordón del Curymil. El rumbo general de los afloramientos es N 45° E, con buzamientos de 10° al SE. La mayoría de las calizas se presentan en bancos bien definidos por los planos de estratificación. En el sector de explotación un corte natural del terreno (cañada) secciona los bancos calcáreos formando el frente de cantera en el cual los planos de *levante* se inclinan con pendiente contraria al buzamiento general de la estratificación, produciendo el acúñamiento de los bloques.

Los principales bancos calcáreos reconocidos son de color castaño oscuro, variando ocasionalmente a tonalidades más claras. De acuerdo con el diseño de fracturación, cada uno de los bancos calcáreos presenta una disyunción natural que permite la separación de bloques con tamaños máximos de hasta 6 m<sup>3</sup> siendo los de 4 m<sup>3</sup> los más frecuentes (Bruna 1996). La composición mineralógica es calcita micrítica 100 % conteniendo fósiles, pellets y oolitas. Sus parámetros físicos indican: absorción de agua: 0,5 %, densidad: 2,66 g/cm<sup>3</sup>, porosidad: 1,2 %.

**Cantera de mármol Lunel Covunco:** Desde Zapala la distancia al yacimiento es de 36 kilómetros. Por ruta provincial 14 en dirección a Mariano Moreno, se recorren 15 km hasta Tres Piedras y desde allí por ruta provincial 16 unos 18 km, hasta el desvío que conduce a la cantera.

La geomorfología de la región consiste en amplias mesetas coronadas generalmente por calizas y calizas dolomíticas del Mb. La Tosca de la Fm. Huitrín. Los bancos calcáreos tienen un espesor entre 3,5 a 5 m, potencia que se mantiene constante a lo largo de los afloramientos, presentando ocasionalmente margas y arcillas intercaladas. Las calizas, de textura micrítica en esta zona, están dolomitizadas; se extienden desde las cercanías del cerro Mesa hasta un poco más al norte de Balsa Huitrín, en una franja de aproximadamente 2 km de ancho. Los máximos valores de óxido de magnesio se encuentran en la zona de Estancia Las Naciras - Estancia La Patria, con tenores del orden del 20,71 %.

**Caliza Amarilla Aguada del Overo:** Cabe destacar que algunos sectores con posibilidades de extracción de lajas y bloques de estos materiales se encuentran dentro de Reservas Indígenas. La roca es de granulometría fina y se presenta en bancos subhorizontales sin encape con potencias cercanas a los dos metros. La composición mi-

ENSAYO FÍSICO	LUNEL COVUNCO	LUNEL CURYMIL
Densidad	2560 Kg/ m <sup>3</sup>	2680 Kg/m <sup>3</sup>
Absorción	2,32 %	0,19%
Porosidad	3,69 %	0,31 %
Abrasión	2,99 mm/1000m	2,61 mm/1000m
Impacto	250 mm	300 mm
Dilatación	9,5 x10-6 /1°C	3,9 x10-6 /1°C
Compresión	110,2 Mpa	110,6 Mpa
Flexión	10,3 Mpa	19,3 Mpa
Heladicidad	103,4 Mpa	102,8 Mpa

Tabla 5: Propiedades físicas de los mármoles (CITAC-INTI)



neralógica está representada casi exclusivamente por calcita micrítica. Las zonas de interés se ubican en el paraje Aguada del Sapo en la comarca de Aguada del Overo, Departamento Catan Lil a unos 60 km de la ciudad de Zapala, pudiendo accederse al área a través de ruta nacional 40. Los bloques presentan ocasionalmente nódulos silíceos de dimensiones pequeñas los que se concentran con preferencia en determinados niveles sedimentarios.

La explotación esporádica de algunos bloques de esta caliza permitió años atrás la obtención de planchas para elaboración de piezas pulidas comercializadas en su momento para revestimiento de interiores. Al presente no se registra actividad extractiva en las canteras de la zona.

### Piedra toba

Las canteras de mayor importancia se localizan: a) en cercanías de la localidad de Piedra del Águila, b) en los alrededores de la ciudad de Zapala, y c) en la comarca de Loncopué. Corresponden a depósitos de caída y flujos piroclásticos (tobas andesíticas vitrocristalinas y dacíticas) de la Fm. Collón Curá, Ignimbrita Carreri y de la Ignimbrita Riscos Bayos, respectivamente. Son rocas livianas, porosas de fácil laboreo, generalmente blancas, amarillentas o rosadas; con ellas se ha construido la mayoría de las casas de piedra especialmente en el área urbana y rural de Piedra del Águila y de Loncopué. En la región de Zapala se las utiliza casi exclusivamente para elaboración de cementos puzzolánicos.

Debido al modo de dispersión de las cenizas volcánicas y a las irregularidades del relieve estos depósitos de caída no son uniformes en su modo de yacer, y es así que en muchos afloramientos de las unidades geológicas mencionadas no están presentes. No obstante dentro de cada área de distribución pueden encontrarse muchos si-

tios apropiados para la extracción de la piedra, aunque los que presentan mejores condiciones son aquellos ubicados en cercanías de las rutas pavimentadas, por obvias razones de facilidad y conveniencia para su transporte. Tal es el caso de los afloramientos situados en el área del cerro Bayo, al sudoeste de Piedra del Águila (estancia Yunkón) ubicados a la vera de la ruta nacional 237, los que en la década de 1980 fueron objeto de una explotación mecanizada. Las condiciones de yacencia del depósito piroclástico, con amplias superficies planas, permitieron allí la instalación de una *tagliablocchi* montada sobre rieles con discos de corte vertical y horizontal, mediante los cuales se obtuvieron bloques de toba de 0,20 x 0,20 m de sección y 0,40 m de largo. El producto se comercializó durante algunos años en varias ciudades de la provincia hasta el abandono del emprendimiento.

En la actualidad en la estancia Yunkón, pocos kilómetros al sur de Piedra del Águila, se encuentra en su etapa final de montaje una planta para corte y procesamiento de piedra toba y pórfidos aflorantes en distintos sitios del campo; el proyecto comercial prevé su explotación en canteras y puntos de extracción ubicados dentro de esa propiedad.

### Pirofilita

El área de las ocurrencias de pirofilita se ubica en el flanco occidental de la cordillera del Viento, 15 km al noroeste de la localidad de Varvarcó. Desde ésta se accede al sitio transitando por la ruta provincial 43 hasta alcanzar una huella minera que recorriendo la margen izquierda del arroyo Auquén permite arribar a una cantera que se encuentra explotando bloques y molones de piedra para usos ornamentales. Afloran en el sector vulcanitas de la Fm. Cordillera del Viento (Leanza *et al.* 2005; Llambías *et al.* 2007) (Pérmico Inferior – Triásico Inferior), representadas

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS		TOBAS Fm. Collón Curá	
ENSAYOS FÍSICOS	Compresión simple	Pe: 45 kgs./cm <sup>2</sup>	
	Frío - Calor	sin variaciones visibles	
ANÁLISIS QUÍMICOS	Saturación - Secado	desgranable ante presencia de arcilla blanda - abrasiva ante presencia de vidrio volc.	
	Resistencia al Corte		
	CaO	1,52	
	SiO <sub>2</sub>	71,00	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,16	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,04	
	MgO	1,20	
	PC	9,12	
	Na <sub>2</sub> O	2,37	
	K <sub>2</sub> O	1,29	
Alcalis solubles	0,30		
Alcalis totales	2,92		
OTRAS DETERMINACIONES	Reducción a la expansión	Reacción álcalis agregados-responde normas A.S.T.M. C441	
	Actividad puzzolánica con cal	Responde a la norma IRAM nº 1654	
	Actividad puzzolánica con cemento	Responde a la norma IRAM nº 1654	

Tabla 6: Principales características físico-químicas de las tobas.

principalmente por mantos de ignimbritas, brechas y tobas de composición riolítica y andesítica, con coloraciones que varían desde violáceas a rojizas gradando a tonos más claros en las rocas de los niveles superiores.

Los horizontes de pirofilita se localizan en el halo externo de una zona de alteración hidrotermal cuyo epicentro se ubica en las nacientes del mencionado arroyo, 2 a 3 km aguas arriba. La pirofilita se desarrolla preferentemente sobre porfiritas andesíticas presentando grados variables de pureza según la intensidad y control litológico de la alteración hidrotermal. En el área afectada (aproximadamente unas 6 has.) se pueden diferenciar tres sectores con características mineralógicas distintas, groseramente estratificadas: un halo o franja exterior con predominio de alteración arcillosa y presencia de pirofilita color verde manzana, en porfiritas andesíticas gris verdosas a moradas. Un sector intermedio en el que se acentúa la silicificación y la alteración de la roca presentando coloraciones grisáceas a blanquecinas y un sector interno en donde predominan los colores rosados con variaciones al azul, en forma de motas y manchas oscuras debidas a la presencia de pequeños cristales de corindón. (Herrador 2005).

La roca se explota mediante banqueo a cielo abierto extrayéndose molones y bloques de formas poliédricas irregulares, los cuales son fraccionados y cortados en el sitio y transportados a la provincia de Buenos Aires para su procesamiento y elaboración de placas y baldosines de uso ornamental. No se cuenta con datos de cubicación pero el área de explotación, limitada hoy al sector NO (sobre margen derecha del arroyo Auquén) tiene un frente de cantera de unos 50 m con desarrollo de bancos de 2 a 3 m en dos niveles, y posibilidades de avance sobre materiales de idéntica calidad en el sentido del buzamiento de las capas (hacia el E) de aproximadamente 150 metros.

Durante el relevamiento y estudio de estos afloramientos fueron realizados otros ensayos físicos de la pirofilita entre ellos ensayos de absorción de aceite e índice de blancura los cuales indican que esta sustancia se encuentra dentro de los parámetros exigidos para la fabricación de pinturas. (Herrador 2005). La comparación de los resultados obtenidos para la pirofilita del arroyo Auquén, con respecto a la pirofilita de producción nacional que actualmente se encuentra en el mercado local, sugiere que las muestras evaluadas presentan características similares y en algunos puntos mejores, lo que confirmaría su posible utilización en la industria de la pintura (Herrador 2005).

### Pórfidos - Lajas de volcanitas

Dentro de estas variedades se reconocen en diversas regiones de la provincia (Piedra del Águila en el sureste, Aluminé y Caviahue en el oeste y Villa del Nahueve en la región norte) extensos afloramientos de lajas de pórfidos, y de basaltos y andesitas. Entre los primeros merecen destacarse los pórfidos dacíticos y lajas ignimbriticas de la estancia Yunkón por la regularidad de su disyunción y variedad cromática. La piedra se presenta en lajas y lajones con espesores entre 1cm hasta 10 cm, y coloraciones que varían del castaño rojizo- amarillento o pardo grisáceo al lila.

Las distintas variedades litológicas de esta unidad que ha sido asignada a la Fm. Choiyoi (Cucchi 1998) están representadas por «facies» de composición riolítica-riodacítica donde predominan los colores rojo grisáceo, rosa anaranjado grisáceo, castaño grisáceo amarillento, gris oliva y gris verdoso oscuro. Se presentan texturas ignimbriticas, brechosas, porfíricas y afaníticas. Por su parte las lajas basálticas y andesíticas son particularmente abundantes y variadas en espesor no así en su coloración ya que en razón de su litología predominan las tonalidades grises, con leves variaciones parduscas o verdosas. La producción de estos materiales, generalmente esporádica, se orienta a la extracción de lajas y lajones para revestimientos de muros y paredes o para pisos. Comúnmente se los utiliza sin elaboración o formateado especial, a excepción de los que han comenzado a procesarse en el aserradero de la estancia Yunkón (región de Piedra del Águila) y de aquellos que en la década de 1990 se produjeron en el norte de la provincia.

En esta última región, algunas canteras localizadas en el área de El Carrizo - Villa del Nahueve, unos 20 km al noroeste de Andacollo, explotan lajas de espesores variables utilizadas para pisos de veredas y revestimientos. Las planchas corresponden a lajas de flujos piroclásticos de composición andesítica atribuidos a la Fm. Cerro Centinela, de edad pliocena.

Se pueden reconocer tres niveles dentro de los depósitos: en la base predomina una capa de aspecto afanítico, color gris azulado con lajas de espesores entre 4 y 15 cm. Le sigue un segundo nivel con foliación muy marcada, compuesto por lajas de entre 1 y 6 cm, de tonalidades parduscas, con espesor medio del paquete de 3 a 4 metros. Por encima se encuentra un nivel de grano más grueso, de color gris oscuro, que se caracteriza por formas erosivas redondeadas, conformando los niveles superiores de las coladas. Dentro de estas lavas fueron seleccionados los planchones de mayor regularidad en sus espesores para elaborar adoquines y filanias. Los materiales se transportaban en camión hasta Andacollo donde se los fraccionaba y formateaba con guillotina.

### Puzzolana - Pumicita

Dentro del campo volcánico Zapala se localizan numerosos conos volcánicos y conos de ceniza, la mayoría de los cuales se relacionan al Basalto Los Mellizos (Leanza *et al.*, 2001). La facies piroclástica de esta unidad está formada por brechas ígneas de composición basáltica, de color pardo amarillento, de textura brechosa y estructura vesicular, y piroclastos esponjosos bien redondeados de pequeño tamaño, de color rojo morado intenso, con variaciones a gris oscuro y negro. En torno a los aparatos volcánicos se encuentran con frecuencia numerosas bombas de variadas formas y tamaños. Estos materiales piroclásticos, conocidos y comercializados en el mercado regional bajo la denominación de *puzzolanas* se destinan mayormente a la elaboración de bloques y otras aplicaciones en mampostería; en menor medida para pavimentación de espacios públicos o jardines. La producción de *puzzolana* procedente de las principales canteras ubicadas en cercanías de la ciudad de Zapala, durante los últimos cinco años se ubicó en torno a las 28.000 t/año.



Con relación a los materiales piroclásticos eminentemente pumíceos éstos se distribuyen con mayor profusión en la comarca de los lagos Moquehue y Aluminé. Los materiales volcánicos utilizables económicamente se localizan en una amplia faja de dirección nordeste - sudoeste entre el límite con Chile y la estancia Haichol. Son depósitos plinianos de caída de pómez, que corresponden a la Ignimbrita Alpehué (Naranjo *et al.*, 1993; Zanettini *et al.* 2009) a los que se puede acceder por las rutas provinciales 13, 12 y 11, desde la ciudad de Zapala. Consisten en mantos horizontales de piedra pómez y arena de pómez, de color blanco a blanco grisáceo, y ocre claro por alteración, cubiertos en parte por suelos actuales. El tamaño varía de grava gruesa a fina el primero y arena gruesa a fina la segunda; ambos materiales son livianos y friables. Las piedras pómez están compuestas por vidrio volcánico, feldespatos, piroxenos y olivina; se disponen en mantos de 0,50 a 2,50 m de espesor. A la fecha, el material aflorante a los lados de las rutas de la comarca es utilizado para usos viales y en menor proporción para relleno de muros y lozas. En la Tabla 7 se muestran las características químicas de las *puzzolanas* de los alrededores de Zapala.

## Sales de Potasio - Sal de Roca

### a) Potasio (silvita - silvinita)

Dentro de la Cuenca Neuquina la subcuenca huitriniana de sales de potasio abarca un área de aproximadamente 4.000 km<sup>2</sup>, en el extremo sur de la provincia de Mendoza y norte de la provincia del Neuquén. Su extensión la presenta como la más importante de Latinoamérica y una de las más extensas del mundo. En Neuquén se ha identificado potasio en un área de unos 1400 km<sup>2</sup>; comprende la Sierra Negra, Los Barriales, la Pampa Negra y El Portón- Filo Morado, áreas cubiertas con una alta densidad de perforaciones de exploración o producción hidrocarbúfera. La región que continúa hacia el sur cubriendo Pampa de Las Liebres, los Cerrillos y como límite sur las Salinas de Huitrín, cuenta con menor grado de información (menor cantidad de sondeos).

Los límites de la cuenca hacia el Este están definidos en subsuelo de acuerdo a los datos de perforaciones mientras que hacia el occidente se definen por los afloramientos de la Fm. Huitrín, la que no presenta en superficie sales de potasio debido a la alta solubilidad de las mismas o posiblemente a efectos tectónicos.

Análisis Químico grs %	M 321	M322
SiO <sub>2</sub>	50,4	50,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,7	16,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,7	13,2
Ca O	7,4	7,2
MgO	5,2	4,2
Na <sub>2</sub> O	1,8	1,6
TiO <sub>2</sub>	1,7	2,0
K <sub>2</sub> O	0,63	1,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,34	0,64
Ppc (a 1000° C)	1,58	2,09

Tabla 7: Elementos mayoritarios de *puzzolanas* campo volcánico Zapala (INTEMIN)

Las zonas con sales de potasio que se han detectado en Neuquén muestran en general una gran persistencia areal de los horizontes salinos, los que varían en cantidad y espesores de norte a sur. Así en la zona de Pampa Negra-Filo Morado se tienen detectados 1 a 6 niveles de K con espesores que varían entre 4 y 14 m entre los 700 a 1700 m de profundidad; en la zona de Paso Bardas 2 a 6 niveles con espesores entre 8 y 11 m y a profundidades de 1300-1600 metros. En Sierra Negra de 1 a 3 niveles cuyos espesores varían entre 4 y 9 m a 800 y 1400 m b.b.p., en Pampa de Las Liebres 1 a 3 niveles con espesores de 4,5 a 8,5 m y a profundidades de 600 a 700 m, en Salinas de Huitrín un solo nivel de 4 m, a 600 m de profundidad (Gabriele, 1999). Recientes sondeos exploratorios, con recuperación de testigos para observación directa de la mineralización, detectaron en la zona del Trapial, al sur de Sierra Negra, 3 a 4 niveles con espesores de 5 a 9 m entre 1.200 y 1400 m b.b.p.

Corresponde destacar que el descubrimiento de las sales de potasio en la Cuenca Neuquina se produjo en la zona de cerro Guillermo (Mendoza) por medio de sondeos exploratorios de hidrocarburos en los que se detectaron anomalías radiactivas en las secuencias salinas de la Fm. Huitrín. Analizadas las mismas se comprobó que respondían a la presencia de la principal sal de K (silvita) poniendo de relieve su potencialidad económica.

Desde entonces y a través de los sondeos fue factible detallar la distribución areal de las sales en subsuelo, cantidad de niveles, profundidad de localización, sectores de adelgazamiento y su posible mineralogía con el uso de técnicas indirectas (Gabriele, 1999).

**Geología y ubicación estratigráfica:** Los niveles mineralizados se encuentran ubicados estratigráficamente en la Fm. Huitrín, en la que Bengochea & Padula (1992) describen la siguiente secuencia, de techo a piso:

**-Mb. Caliza La Tosca:** Está conformado por calizas con delgadas intercalaciones de pelitas grises verdosas, laminadas que le dan al conjunto un aspecto bandeado.

**-Mb. Arcilla Guía:** Constituido por pelitas verdes grisáceas, laminadas que en su base contienen un banco de fangolitas calcáreas (4 a 6 m).

**-Mb. Sal Principal:** Es el portador de la mineralización de potasio. En superficie ha sido removido por disolución debido a la alta solubilidad de la silvita. Presenta una sección inferior de sal aparentemente limpia, con halita como mineral principal (75 m) a la que siguen capas de silvinita y halita con insolubles, arcilla y anhidrita (31m). (La silvinita es en la industria del potasio una mezcla limpia de silvita y halita).

**-Mb. Sulfatos Basales:** Compuesto por anhidrita muy compacta y yeso con textura sacaroide en superficie, sin presencia de halita.

**Exploraciones realizadas:** La empresa Potasio Río Colorado exploró el área de sus concesiones mineras (provincias de Neuquén y Mendoza) mediante perforaciones con extracción de testigos (14.164 m perforados) habiendo localizado y cubicado un importante yacimiento en el sur de Mendoza. Las reservas *in situ* en el área seleccionada para el desarrollo de la mina ascienden a 138.200.000 t de KCl, equivalentes a 87.300.000 t de K<sub>2</sub>O (Balod 1999). Al presen-

te el proyecto se encuentra factibilizado para su explotación mediante el método *solution mining*.

Por su parte Vale Argentina (subsidiaria de Vale Do Río Doce) lleva a cabo un amplio programa de sondeos en la región del río Colorado, al este de Pampa Tril - Filo Morado, habiendo realizado hasta el presente una decena de pozos con resultados alentadores. Del mismo modo Servicios de Minería (asociación brasileño-argentina) conduce sus exploraciones en áreas contiguas y al igual que la anterior ha detectado la mineralización de silvita en los cinco sondeos realizados. En los últimos años se ha sumado a la campaña exploratoria K+S Mining Argentina SA - Cordillera del Viento (asociación alemana-argentina), que planea la ejecución de cinco sondeos en áreas de la cuenca más cercanas a la zona de faja plegada, ambiente en el cual los niveles de silvita se encuentran a menor profundidad (entre 400 y 700 m). El propósito es evaluar allí la factibilidad de un proyecto de explotación mediante métodos convencionales de minado subterráneo.

#### b) Sal de roca - (Halita)

Las primeras explotaciones de sal de roca en la provincia se llevaron a cabo en las salinas de Huitrín, conocidas de antaño por la extensión de sus afloramientos. Ubicadas 180 km al norte de la ciudad de Zapala y a unos 20 km al sureste de Balsa Huitrín, aún hoy su acceso es dificultoso siendo necesario el uso de vehículos doble tracción para arribar al sitio. Aunque no existen registros documentados es sabido que los habitantes de la región han hecho uso de la sal, especialmente para consumo de lanares y vacunos. Uno de los primeros en extraer el mineral de las salinas fue Juan Purrán, habitante de Chos Malal quien con métodos muy rudimentarios construyó un acceso por la margen derecha del río Neuquén, instalando un cable carril con cajón mediante el cual sacaba la sal que luego era transportada a lomo de mula.

Groeber (1936), Hogg (1956), Cordini (1965), Holmberg & Nuñez 1971 (en Sudamconsult & Asociados, 1973), Angelini *et al.* (1976), Lyons (1980) y Brodtkorb *et al.* (1992) mencionan con diferente objeto y enfoque la existencia de las salinas y su potencial minero. La explotación de sal en la comarca de las salinas efectuada alrededor de la década de 1940 se extendió hasta el año 1950 en que fue definitivamente abandonada.

#### Salinas de Huitrín

Las salinas se encuentran en el núcleo de un anticlinal cuyo relieve está invertido debido a la erosión diferencial de fangolitas y evaporitas de la Fm. Huitrín. Los bancos salinos se ubican en el tramo medio-superior del Mb. Salina de dicha unidad. El Mb. Salina tiene un amplio desarrollo; está constituido por lutitas, areniscas y horizontes de yeso y halita intercalados. En contraposición a los otros miembros de la unidad se caracteriza por presentar un relieve negativo debido a la menor dureza y erosión diferencial de sus componentes. El espesor del Mb. Salina en el área oriental del anticlinal es de 228 m y en términos generales se compone de un 25 % de niveles de halita, 7 % de yeso, 52 % de lutitas y 16 % de areniscas.

Por encima de la Fm. Huitrín aflora en el área la Fm. Rayoso, compuesta por capas multicolores de fangolitas micáceas y limolitas con intercalación de delgadas capas de yeso (Brodtkorb *et al.* 1992).

El complejo sedimentario de estas salinas, portador de potentes horizontes de sal de roca abarca una extensión de por lo menos 275 km en dirección norte-sur y una amplitud de 80 km en sentido este-oeste. El principal componente de los bancos salinos es la halita.

**Mineralogía de los bancos salinos:** Los bancos presentan una acentuada laminación producida por el ingreso cíclico de arcillas en suspensión, alternando con halita en capas de 2 cm a 5 mm y más delgadas aún. El espesor de los bancos oscila entre 4 y 20 metros. Generalmente en los bancos de mayor espesor hay intercalación de yeso y arcilitas, siendo frecuentes aquellos con potencias menores a los 4 metros. Los horizontes de sal son continuos, sin evidencias de interrupción o segmentaciones; presentan un alto contenido en NaCl (96,55 %), pequeño y variable contenido de insolubles arcillosos y escasa presencia de otros cationes (Lyons, 1980).

Los minerales presentes determinados por difracción de Rayos X son: halita, anhidrita, dolomita, impurezas arcillosas, cuarzo, e impurezas de potasio.

**Reservas:** Lyons (1980) realizó una evaluación económica de estos depósitos de sal tomando en cuenta para el cálculo de reservas industriales en el área se-

Muestra Sustancia	M2825	M2828	M1165	M1186	M2846
Sulfato de Calcio	0,726	0,046	0,689	1,003	1,994
Cloruro de potasio	0,004	0,016	0,016	0,019	0,005
Cloruro de magnesio	0,010	0,023	0,035	0,081	0,011
Cloruro de litio	0,003	0,002	0,005	0,009	0,003
Cloruro de calcio	0,726	1,490	1,805	1,296	1,140
Cloruro de sodio	<b>97,975</b>	<b>99,158</b>	<b>95,587</b>	<b>98,074</b>	<b>96,637</b>
Humedad	0,071	0,101	0,336	0,920	0,566
Insolubles	0,365	0,428	1,406	0,493	0,542
Indeterminado	0,120	0,105	0,121	0,105	0,102

Tabla 8. Análisis químico % en peso de sales presentes (extractado de Lyons 1980)



leccionada los siguientes parámetros: Largo: 8.000 m; Ancho: 1000 m; Alto: 15 m; Densidad: 2,1 gr/cm<sup>3</sup>. Las reservas medidas ascienden a 252 Mt de sal con un contenido de 96,55% de NaCl.

En la Tabla 7 se resume el contenido relativo de las sales presentes en cinco muestras representativas de los depósitos, calculado a partir de sus respectivos análisis químicos.

### Minas de sal «Carmelo» e «Hijozga»

La producción de sal de roca en el territorio provincial se limita desde hace años a la que proveen dos pequeños yacimientos: la mina «Carmelo» ubicada a 5 km al SO de Chos Malal, y la mina «Hijozga» en Pampa Tril, unos 60 km al NE de aquella localidad.

En ambos casos las capas de sal de roca corresponden al Mb. Troncoso Superior de la Fm. Huitrín presentándose intercalados con arcillas y limos varicolores, anhidrita y arcillas saliníferas. En general el hábito es lenticular y su espesor varía entre 0,50 a 2 metros.

Los minerales presentes son: halita de color violeta, verdosa, salmón, blanca y roja; tenardita, polihalita, yeso y escasos minerales de cobre y manganeso.

Las leyes oscilan entre 84 y 98% NaCl, 0,04-0,08% MgCl<sub>2</sub>, 0,10-0,19 Cl<sub>2</sub> Ca.

Las cifras de producción, francamente modestas, no han superado en la última década las 250 - 260 t/año.

### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Angelelli, V., Schalamuck, I. & Arrospide A. 1976. Los yacimientos metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia-Comahue. Secretaría de Estado de Minería, Servicio Minero Nacional, Anales 17: 106-107, Buenos Aires.
- Balod, M. 1999. Proyecto Potasio Río Colorado, Mendoza, Neuquén. En: Zappettini, E.O. (Ed.): Recursos Minerales de la República Argentina Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales, 35: 1077-1081, Buenos Aires.
- Bengochea, J.D. & Padula, V. 1992. Evaluación Geológica Económica del proyecto Potasio Río Colorado, Mendoza, Argentina. 4º Congreso Argentino de Geología Económica. Córdoba.
- Brodtkorb, M.K. de, Danieli, J.C., de Barrio, R.E., Etcheverry, R.O. & Giusiano, A. 1992. Los yacimientos de Celestina-Baritina, Yeso, Halita y Sales de potasio relacionadas las sedimentitas cretácicas de la Cuenca Neuquina, República Argentina. Actas de Recursos minerales y Energéticos del Cretácico de América Latina. Buenos Aires.
- Bruna, M. A. 1996. Catastro de Rocas Ornamentales. Provincia del Neuquén. Secretaría de Estado de Producción y Turismo - Corporación Minera del Neuquén. Sociedad del Estado Provincial (Informe inédito). Zapala.
- Carotti, M.A. 1999. Depósito de azufre biogénico Los Petisos. Mendoza. En: Zappettini, E.O. (Ed.): Recursos Minerales de la República Argentina Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Anales 35: 1127-1130. Buenos Aires.
- Casé, A. M. & Ronconi, N. 1979. Calcita y yeso del Cordón del Curymil, Departamento Picunches. Informe Técnico. Dirección Provincial de Minería del Neuquén (Informe inédito). Zapala.
- Catricura, S.A. 1996. Informe de Impacto Ambiental. Dirección General de Minería de la provincia del Neuquén (Informe inédito). Zapala.
- Consejo Federal de Inversiones. 1978. Instituto Argentino de Estudios Estratégicos y de las Relaciones Internacionales. Estudio de Yacimientos de Caolín de la Zona de Tres Picos, Departamento de Huiliches y sus posibilidades de aprovechamiento. Provincia del Neuquén. Informe Final. 1-89. (Informe inédito). Buenos Aires.
- Coriale, N.G. 1996. Informe Geológico Económico del Granito Negro Pulmarí. Catricurá S.A. Dirección General de Minería de la provincia del Neuquén (Informe inédito). Zapala.
- Cucchi, R. 1998. Hoja Geológica 4169-I Piedra del Águila, provincias del Neuquén y Río Negro. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, SEGEMAR, Boletín 242: 1-74. Buenos Aires.
- Cucchi, R. & Leanza, H.A. 2006. Hoja Geológica 3972-IV, Junín de Los Andes, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. SEGEMAR. Boletín 357: 1-103. Buenos Aires.
- Danderfer, J.C., Casé, A.M., Villamayor, J. & Peña Castro, R. 1991. Dolomitas «Reserva Zapala». Exploración de los sectores A y B. (Informe inédito) Dirección General Minería, Zapala.
- Del Carril F. M. & Sarudiansky, R.M. 1976. Estudio de las dolomitas neuquinas y su aprovechamiento industrial. Consejo Federal de Inversiones (Informe inédito). Buenos Aires.
- Gabriele, N.A. 1999. Manifestaciones de azufre biogénico en Neuquén. En: Zappettini, E.O. (Ed.): Recursos Minerales de la República Argentina Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR Anales 35: 1131-1133.
- Herrador, M.G. 2005. Caracterización de las aptitudes industriales de la pirofilita del arroyo Auquén, Departamento Minas, Neuquén. Trabajo Final Licenciatura en Tecnología. Minería: 1-92 Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Asentamiento Universitario Zapala.
- Leanza, A.F. & Leanza, H.A. 1979. Descripción geológica de la Hoja 37c, Catán Lil, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional. Boletín 169:1-65, Buenos Aires.
- Leanza, H.A. & Zeiss, A. 1990. Upper Jurassic lithographic limestones from Argentina (Neuquén Basin): Stratigraphy and Fossils. Facies 22: 169-186, Erlangen.
- Leanza, H.A., Hugo, C.A. & Repol, D. 2001 (=2005). Hoja Geológica 3969-I, Zapala, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, SEGEMAR, Boletín 275: 1-131. Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Llambías, E.J. & Carbone, O. 2005. Unidades limitadas por discordancias en los depocentros de la Cordillera del Viento y la Sierra de Chacaico durante los inicios de la Cuenca Neuquina. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Versión CD ROM. Mar del Plata.
- Llambías, E.J., Leanza, H.A. & Carbone, O. 2007. Evolución tectonomagmática durante el Pérmico al Jurásico Temprano en Cordillera del Viento (37º 05' S - 37º 15' S): Nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62 (2): 217-235.
- Lyons, W. 1980. Estudio Geológico Minero de las Salinas de Huitrín. Provincia del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones. (Informe inédito) Buenos Aires.
- Mastandrea O., Leanza, H.A., Hugo, C.A. & Spiegelman, A.T. 1975. Manifestaciones fosfáticas en la sierra de la Vaca Muerta y adyacencias. Provincia del Neuquén. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 2: 461-486. Buenos Aires.
- Palacios, M. 1981. Informe Geológico Económico del yacimiento de Azufre Volcán Tromen, Provincia del Neuquén. (Informe inédito). 1-17 Dirección de Minería Zapala. Neuquén.



Rosetto, H. & Pédola, H. 1962. Estudio preliminar del yacimiento de azufre Hilda Mary, provincia del Neuquén. 1º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3: 281-293. Buenos Aires.

Sudamconsult & Asociados SRL 1973. Desarrollo Minero del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones (CFI) 2: 251 p. Buenos Aires. (inédito). Buenos Aires.

Zanettini, J.C.M., Leanza, H.A. & Giusiano, A. 2010. Hoja Geológica 3972-II, Loncopué, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SE-GEMAR. Boletín 281, 93 pp. Buenos Aires.